

Hieronnan vaikutus pohjelihaksen lihastonukseen

Tapaustutkimus

Maija Ojanperä
Outi Polso

Opinnäytetyö
Marraskuu 2009

Fysioterapian koulutusohjelma
Sosiaali- ja terveysala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tekijät Ojanperä, Maija Polso, Outi	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 16.11.2009
	Sivumäärä 58	Julkaisun kieli suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi Hieronnan vaikutus pohjelihaksen lihastonukseen		
Koulutusohjelma Fysioterapia		
Työn ohjaaja(t) Kuukkanen, Tiina		
Toimeksiantaja(t) Keski-Suomen keskussairaalan fysiatrian poliklinikka/fysiatrian ylilääkäri Jari Ylinen		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Lihastonus voidaan määritellä lihaksissa olevaksi perusjänteydeksi, jota autonominen hermosto ylläpitää. Lihastonukseen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. lämpötila, ikä, lihastasapaino, fyysinen aktiivisuus sekä lihaksen paksuus. Lihastonuksen mittaamiseen on vuosien saatossa kehitetty useita erilaisia välineitä sekä menetelmiä, joiden avulla on mahdollista arvioida erilaisten hoitojen vaikuttavuutta. Vaikka hieronnan vaikutukset ovat moninaiset, hieronnalla ei ole aiemmissa tutkimuksissa saatu aikaan merkittäviä muutoksia lihastonuksessa. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli toimia pilottitutkimuksena ja selvittää, voidaanko hieronnalla saada aikaan lihastonusmuutoksia sekä kuinka monta hierontakertaa merkittävien muutosten aikaansaamiseksi tarvitaan.</p> <p>Opinnäytetyön tapaustutkimus toteutettiin helmi-maaliskuussa 2009. 27-vuotiaan miespuolisen tutkimushenkilön toista pohjetta hierottiin kolmen viikon aikana yhteensä kuusi kertaa. Hieronnan kesto oli kerrallaan 20 minuuttia ja se suoritettiin klassisen hieronnan ottein: sively, pusertelu, hankaus, taputus ja ravistelu. Lihastonusmuutoksia seurattiin mittaamalla lihastonus ennen ja jälkeen hieronnan toisen pohkeen toimiessa kontrollina. Mittaukset suoritettiin Keski-Suomen keskussairaalassa kehitetyllä Computerized Muscle Tonometerilla (CMT) sekä Myoton-lihastonusmittarilla molempien pohkeiden paksuimmista kohdista m. gastrocnemiuksen keskeltä sekä 5 cm näiden pisteiden yläpuolelta. CMT:llä suoritettiin 3 mittausta/piste, Myoton-laitteella vastaavasti 20 mittausta/piste. Tarkasteltavina muuttujina CMT:ssä olivat työ (J) sekä matka (mm). Myotonissa vastaavat olivat frekvenssi (Hz), kudoksen elastisuus sekä jäykkyys (N/m).</p> <p>Kolmen viikon interventiojakson aikana ei havaittu merkittävää eroa hierotun pohkeen lihastonuksessa. Käytettäessä CMT:n ilmoittamaa työtä (J) lihastonuksen määrittämiseen, neljän ensimmäisen interventioikerran aikana lihastonus laski hierotun jalan mittauspisteissä 14,2 % ja 20,2 %. Myotonin ilmoittama frekvenssiarvo ja täten tonus laski 23,6 % ja 4,9 %. Kahdella viimeisellä interventioikerralla muutokset olivat lähes hävinneet. Tuloksista on pääteltävistä, ettei ainakaan tämäntyyppinen hierontainterventio pohjelihakseen vaikuttanut pitkäaikaisesti tonusmuutoksiin.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Lihastonus, lihastonusmittari, hieronta		
Muut tiedot		

Author(s) Ojanperä, Maija Polso, Outi	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 16.11.2009
	Pages 58	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title Effects of the massage on muscle tone of the calf muscles		
Degree Programme Physiotherapy		
Tutor(s) Kuukkanen, Tiina, Senior Lecturer in Physiotherapy		
Assigned by The Central hospital of Central Finland, Department of Physical Medicine and Rehabilitation/M.D. Jari Ylinen		
<p>Abstract</p> <p>Muscle tone can be defined as basic vigour of the muscle which is maintained by the autonomic nervous system. The factors affecting muscle tone are, for example, temperature, age, muscle imbalance, physical activity and thickness of the muscle. Many kinds of methods and devices have been developed in order to measure muscle tone with the purpose of evaluating the effectiveness of different kinds of treatments. Despite the studies, massage has not been established to have an effect on muscle tone. The purpose of this Bachelor's thesis was to act as a feasibility study and determine if changes in the muscle tone are accomplished by massage. Another aim was to research the number of the massage interventions needed for significant changes.</p> <p>The case study was carried out in February and March in the year 2009 for a 27-year-old male. During the 3-week period the person's right calf was massaged six times using the methods of classical massage (effleurage, friction, deep longitudinal stroking, petrissage, percussion and shaking). Each massage intervention took about 20 minutes. Muscle tone measurements were made before and immediately after the massage in order to detect changes. The left calf acted as a control-leg. Muscle tone was measured with Computerized Muscle Tonometer (CMT) developed in the Central Hospital of Central Finland and with a hand-held Myoton. The measurements were made on the thickest part of the calf in the middle of the gastrocnemius-muscles and 5 cm above those points in both legs (altogether 4 measurement points). Three measurements per point were made with the CMT, respectively 20 measurements per point with the Myoton. The variables in the CMT measurements were work (J) and distance (mm). The variables with the Myoton were frequency (Hz), decrement and stiffness (N/m) of the muscle.</p> <p>During the 3-week period no significant changes in the muscle tone of the calf treated were detected. The muscle tone in the measurement points of the massaged calf decreased constantly by 14,2% and 20,2% until the fourth intervention according to the work (J) measurements by the CMT. The values of frequency and muscle tone as measured with the Myoton decreased 23,6 % and 4,9 % in the same points. Two last interventions showed no changes compared to the first intervention. The conclusion could be drawn that this kind of massage intervention targeted on calf muscles did not have long-term effects on muscle tone.</p>		
Keywords Muscle tone, tissue compliance meter, massage		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

JOHDANTO	4
POHJELIHAKSET	6
LIHASTONUS	8
Tonusta säätelevät tekijät.....	8
1Hermostolliset tekijät	9
2Mekaaniset tekijät.....	10
Tonukseen vaikuttavat tekijät	12
Epänormaali lihastonus	14
LIHASTONUKSEN MITTAAMINEN.....	15
Computerized Muscle Tonometer (CMT)	16
Myoton	21
HIERONTA	25
Hieronnan vaikutukset.....	25
Hierontaotteet.....	29
3Sively (Effleurage).....	29
4Hankaus (friction, deep longitudinal stroking).....	30
5Pusertelu (petrissage).....	30
6Taputus (percussion), täristely (vibratio) ja ravistelu (shaking)	31
TUTKIMUS.....	32
Tutkimuksen tarkoitus	32
Tutkimusasetelma	33
Tutkimuksen toteutus.....	35
7Interventio	35
8Mittausmenetelmät	36
TULOKSET	37
JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	44
LÄHTEET.....	52

LIITTEET	56
Liite 1. Hierontasuunnitelma.....	56
Liite 2. Testauslomake	58
Liite 3. Tutkimushenkilön fyysinen aktiivisuus interventiojakson aikana	59
Liite 4. Kaikki tulokset	61

KUVIOT

KUVIO 1. POHJELIHAKSET. (BEST-LEG-EXERCISES.COM).....	6
KUVIO 2. MYOFIBRILLIT JA SARKOMEERIT. (WWW.BESTHEALTH.COM).....	12
KUVIO 3. CMT-LAITE.....	17
KUVIO 4. CMT-LAITTEEN MITTAUSANTURI.	18
KUVIO 5. MYOTON-LAITE.....	22
KUVIO 6. MITTAUSPISTEET	33
KUVIO 7. INTERVENTIOKERTA.....	34
KUVIO 8. INTERVENTIOJAKSO.....	35
KUVIO 9. CMT, TYÖ (J) PISTEISSÄ 1 JA 3.	38
KUVIO 10. CMT, TYÖ (J), ALKUTONUSARVOT.....	39
KUVIO 11. MYOTON, FREKVENSSI (HZ) PISTEISSÄ 2 JA 4.	43

TAULUKOT

TAULUKKO 1. CMT, TYÖ (J). HIERONNAN JÄLKEEN.....	40
TAULUKKO 2. CMT, TYÖ (J). HIERONNAN JÄLKEEN.....	40

TAULUKKO 3. CMT:N TYÖN (J) TULOSTEN VAIHTELUVÄLI.43

Johdanto

Lihastonus on lihaksen lepotilassa ilmenevä perusjänteys, joka auttaa minimoimaan lihassupistuksen tarpeen (Lundy-Ekman 2007, 194; Waugh & Grant 2006, 417). Siihen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. lämpötila, ympäristö, lihaksen pituus ja paksuus, ylikuormitus sekä lihaksen aktiivisuuden taso (Ylinen, Teittinen, Kainulainen, Kautiainen, Vehmaskoski & Häkkinen 2006, 795; Ylinen 2002, 11; 26-27; 74; Haverinen 2005, 67 - 68).

Hierontaa on jo kauan käytetty hoitomuotona, mutta sen vaikuttavuutta lihastonukseen on tutkittu vain vähän, eikä varsinaisia tuloksia ole saatu. Myllyntaus ja Rutanen (2006, 38) sekä Haakana (2008, 24 - 37) tutkivat hieronnan vaikutusta reisilihaksen lihastonukseen, eivätkä saaneet merkittäviä muutoksia esille.

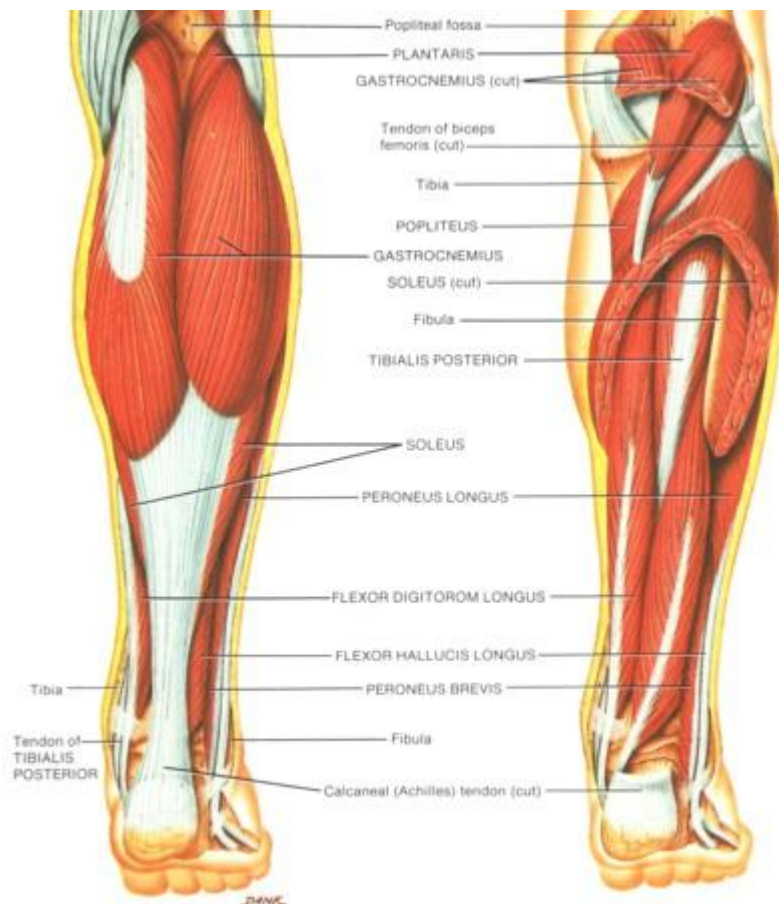
Lihastonusmittaukset ovat suhteellisen uusi ja jatkuvasti kehittyvä ala. Objektivisten mittaustulosten saamiseksi on kehitetty erilaisia mittaussuureita, joihin kuuluvat muun muassa EMG, pinta-EMG sekä erilaiset kudostilamittarit (Knutson & Owens 2003, 175). Ylinen ja muut (2006, 795) perehtyivät tutkimuksessaan Keski-Suomen keskussairaalassa kehitetyn tietokoneohjatun lihastonusmittarin (CMT) toistettavuuteen ja totesivat laitteen toistettavuuden sekä herkkyyden hyväksi lihastonuksen arviointiin. Laitteen avulla saatiin vakioitua mittaus aina samanlaiseksi ilman mittaajasta johtuvia virhetekijöitä. Opinnäytetyön tapaustutkimuksessamme käytössämme oli kaksi täysin erilaista lihastonusmittaria: käsikäyttöinen Myoton sekä tietokoneohjattu CMT.

Alkuperäisen idean opinnäytetyöhömme saimme Keski-Suomen keskussairaalan fysiatrian osaston aihepankista. Toisella tekijöistä on hierojan tausta,

joten hieronnan liittäminen osaksi opinnäytetyötämme oli luonnollinen valinta. Tarkoituksenamme oli tehdä kattavampi tutkimus hieronnan välittömästä vaikutuksesta pohjelihaksen lihastonukseen sekä voimantuottoon, mutta aiheeseen perehtymisen jälkeen totesimme, että koko tutkimuksen suorittamiseen olisi vaadittu huomattavasti enemmän panostamista, kuin meillä opinnäytetyön rajoissa oli mahdollisuuksia. Tästä syystä päätimme keskittyä suurempaa tutkimusta alustavaan tapaustutkimukseen, jonka tarkoituksena oli selvittää, kuinka monta hierontakertaa tarvitaan merkittävien muutoksien aikaansaamiseksi pohjelihaksen lihastonuksessa ja onko tonuseroja ylipäättään mahdollista aikaansaada hieronnan avulla.

Pohjelihakset

Luurankolihakset ovat lihas-hermosysteemin ensisijaisia toimijoita. Lihaksen peruselementit ovat sidekudosverkosto sekä lihaksen supistumiskykyiset proteiinit. Lihaskalvon sisäinen, sekä jänteisiin sekoittuva säikeinen sidekudos tarjoaa tärkeää toiminnallista jäykkyyttä, joka parantaa lihasjännityksen siirtymistä eteenpäin. Tärkeät solujenväliset yhteydet ohjaavat lihaksen fysiologisia vasteita, mutta lihaksen toiminnallisten yksiköiden mekaniikalla on suurin merkitys muun muassa lihaksen mukautumisessa ja vammautumistapahtumissa. (Whiting & Zernicke 1998, 33 - 34.)



KUVIO 1. Pohjelihakset. (best-leg-exercises.com)

Sekä soleus, että gastrocnemius kuuluvat säären posterioriseen, pinnalliseen lihasryhmään (kuvio 1). Edellämainittujen lisäksi ryhmään kuuluu myös m.

plantaris. Näiden lihasten suuri koko on luonteenomaista ihmisille pystyasennon vuoksi. Rakenteeltaan ne ovat vahvoja sekä painavia, sillä niiden tehtävänä on tukea ja liikuttaa kehonpainoa. Yhdessä kaksipäinen gastrocnemius ja soleus muodostavat kolmipäisen triceps suraen, joka yhdistyy yhteisessä jännteessä – akillesjännteessä. Akillesjänne kiinnittyy kantaluuhun, os. calcaneukseen. (Mts. 586 - 588.)

Soleus-lihas on voimakas, mutta suhteellisen hidas nilkkanivelen plantaarifleksori. Se on iso, litteä lihas, joka on saanut nimensä kampela-nimisen kalan mukaan. Soleus voidaan palpoida gastrocnemiuksen molemmilta puolilta henkilön seisoessa varpaillaan. Soleus toimii plantaarifleksiossa yhdessä gastrocnemiuksen kanssa; se ei vaikuta polviniveleen. Lihas osallistuu myös tasapainon ylläpitoon. Soleus kiinnittyy proksimaalisesti fibulan pään posterioriseen puoleen, fibulan soleaalisen linjan (soleal line) ylimpään neljännekseen sekä tibian mediaaliseen reunaan. (Mts. 586 - 588.)

Gastrocnemius on säären posteriorisen osan pinnallisimman lihas. Lihaksella on kaksi kiinnityskohtaa, joista mediaalinen pää on hieman suurempi ja distaalisempi kuin lateraalinen. Koska gastrocnemiuksen säikeet ovat sijoittuneet lähinnä vertikaalisesti, lihaksen supistukset aikaansaavat nopeita liikkeitä. Vaikka gastrocnemius vaikuttaa sekä polvi-, että nilkkaniveleen, se ei voi tuottaa täyttä voimaa molempiin niveliin yhtäaikaaisesti. Gastrocnemiuksella on kaksi origoa: lateraalinen pää kiinnittyy femurin condylus lateralisen lateraalille puolelle; mediaalisen pään origo sijaitsee femurin condylus medialiksen yläpuolella (popliteal surface). (Mts. 586 - 588.)

Lihastonus

Kehon lihaksissa on jatkuvasti olemassa pieni lihassupistus eli tonus, jota autonominen hermosto pitää yllä. Tähän tonukseen ei voida tahdonalaisesti vaikuttaa ja se säilyy myös nukkuessamme. (Leppäluoto, Kettunen, Lätti, Rintamäki, Vakkuri, Vierimaa 2007, 432.) Lihastonusta voidaan myös pitää yhtenä ihmisen vireystilaa kuvaavista piirteistä. Mitä pienempi perusjänteys lihaksissa on, sitä vaikeampi ihmisen on ylläpitää maan vetovoimaa vastustavaa asentoa. (Hiltunen, Holmberg, Jyväskylä, Kaikkonen, Lindblom-Yläne, Niensted & Vähälä 2007, 354.) Enoka (1994, 274) kuvailee lihastonusta vastukseksi, joka ilmenee pyrittäessä muuttamaan passiivisesti lihaksen pituutta. Rentoutuneessa seisoma-asennossa ihminen tukeutuu pääasiassa ligamentteihin, luisiin rakenteisiin sekä lihasten luontaiseen ja passiiviseen jäykkyyteen; lihasten aktivointi on hyvin vähäistä (Lundy-Ekman 2007, 194). Lihastonus pitää luurankolihakset jäntevinä, mutta se ei pysty tuottamaan tarpeeksi voimaa liikkeen aikaansaamiseksi (Tortora & Grabowski 2003, 293).

Leonard, Stephens ja Stroppel taas (2001, 1416) määrittelevät lihastonuksen passiivisen venytyksen vastuksena, joka kuvastaa lihaksen mekaanis elastisia ominaisuuksia sekä refleksiivistä voimantuottoa. Kudosvastus selittyy lihaspituuden sekä lihasjännityksen välisenä suhteena, kun neuraalisia tekijöitä ei ole. Muutokset lihastonuksessa ja kudosvastuksessa myötävaikuttavat spastisiin tiloihin.

Tonusta säätelevät tekijät

Lihaksen lepotonuksen säätely perustuu keskushermoston–erityisesti aivo-verkoston–toimintaan. Lyhyellä aikavälillä lihaksen jäykkyyteen vaikuttavat

kuitenkin myös mekaaniset tekijät. Liikehermon toiminnan lakatessa, myös lihaksen jänitys häviää kokonaan. Tonusen säätely tapahtuu siis autonomisena toimintona, joka on riippuvainen liikehermojen aktiivisuudesta. (Ylinen 2002, 39 - 40.)

Kun lihastonus on normaali, lihaksen vastus passiiviseen venytykseen on minimaalinen. Normaali lihaksen lepotonus syntyy luontaisesta, passiivisesta jäykkyydestä. Lihaksen normaalia vastetta venytykselle säätelevät:

- passiivinen jäykkyys l. aktiinin ja myosiinin väliset heikot poikittaissillat ja titiinin vaikutus (ks. luku 3.1.2)
- laskevien hermoratojen motoriset signaalit (ks. luku 3.1.1)
- proprioseptinen informaatio l. refleksit (lihassukkulat, Golgin jänneelimet, nivelet) (ks. luku 3.1.1)

(Lundy-Ekman 2007, 194 - 196.)

1 Hermostolliset tekijät

Kaikki luurankolihakset saavat hermotuksensa alfamotoneuroneja eli liikehermosoluja pitkin (Hiltunen ym. 2007, 346). Aivokuoren liikealueelta aivojen korkeimmasta keskuksesta alkunsa saavat tahdonalaiset liikekäskyt etenevät laskevaa pyramidirataa pitkin selkäytimen etusarven alfamotoneuroneihin (Ylinen 2002, 39). Alfamotoneuronien soomaosat sijaitsevat selkäytimen etusarvessa ja niihin yhdistyy pitkä myelinisoitu viejähaarake eli aksoni, sekä dendriittejä eli tuojaharakkeita (Leppäluoto ym. 2007, 424; Bjälle, Haug, Sand, Sjaastad & Toverud 1999, 59 - 61). Hermolihasliitos yhdistää keskushermostosta lähtevän alfamotoneuronin aksonit ja lihaksen mahdollistaen keskushermostoyhteydellään lihaksen supistumisen. Motoneuronin hermotamien lihassyiden määrä vaihtelee tehtävän vaativuuden mukaan. (Leppäluoto ym. 2007, 425.)

Aivokuori ohjaa myös aivoverkoston (hermo)toimintaa, joka on tärkein elimistön toimintoja–myös lihastonusta–säätelykeskus välittäen nousevia ja laskevia hermoimpulsseja ja käskyjä liikehermoille aivojen sekä selkäytimen välillä. Aivoverkosto sijaitsee aivorungon ytimessä. (Ross & Wilson 2006, 156.) Aivokuori vaikuttaa lihastonukseen aivoverkoston kautta inhiboivasti. Aivoverkoston toimintaan ja lihastonukseen vaikuttavat myös tasapainoelimestä tuleva informaatio sekä tunnetilat. (Ylinen 2002, 39.)

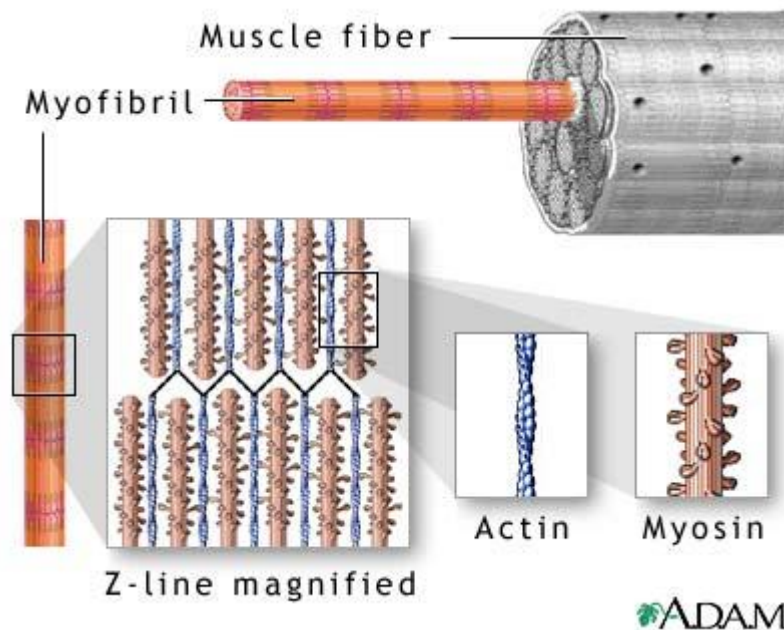
Lihaksen toiminnan ja sitä kautta lihastonuksen säätelyssä lihassukkulalla ja Golgin jänne-elimellä on suuri merkitys. Ne auttavat säätelyssä lihasjännitystä tarkkailemalla lihaspituutta ja -jännitystä. (Levangie & Norkin 2005, 133 - 134.) Kuormituksessa lihaksen supistuminen saa aikaan Golgin jänne-elimien aktivoitumisen, jolloin se lähettää selkäytimen kautta supistumiskäskyn antagonistilihaksille, mikä saa aikaan nivelen stabiloitumisen. Kun jänne-elimien aktivaatio on liian voimakas, lihasjännitys pienenee kaikissa samaan suuntaan vaikuttavissa lihaksissa. Tämä on suojareaktio, jolla jänne-elin pyrkii suojaamaan lihasta liiallisen supistuksen aiheuttamalta vaurioitumiselta. (Ylinen 2002, 33-34.) Lihassukkulat sitä vastoin tarkkailee lihaspituutta ja passiivisen, nopean venytyksen tapahtuessa, ne aktivoivat lihasta nostaen tonusta (Lundy-Ekman 2007, 111). Aistinelimet toimivat pääosin aktiivisessa liikkeessä. Myös passiivinen liike saa aikaan niiden aktivoitumisen, mutta ärsytyskynnys on huomattavasti korkeampi. (Ylinen 2002, 33 - 34.)

2 Mekaaniset tekijät

Lihaksen muodostavat supistuva sekä elastinen komponentti, joista elastinen komponentti jakautuu vielä rinnakkais-elastiseen ja sarjaelastiseen komponenttiin (Komi 1984, 102 - 103). Osana jännettä ja poikittaissiltoja, sarjaelastinen komponentti jännittyy aina lihaksen jännittyessä (Komi 1984, 102 - 103; Levangie & Norkin 2005, 122 - 123). Lihasta ympäröivät kudokset, sarkolem-

ma (lihassolun solukalvo), titiini sekä hermot ja verisuonet muodostavat lihaksen rinnakkaisen elastisen komponentin. Lihaspituuden muuttuessa, myös rinnakkaisen elastisen komponentin pituus muuttuu, sillä se toimii rinnakkain lihaksen supistuvan yksikön kanssa. Rinnakkais-elastisen komponentin titiini on pääasiallisesti vastuussa lihaksen passiivisesta jäykkyydestä, mutta komponentin muut osat määrittelevät lihaksen joustavuuden. (Levangie & Norkin 2005, 122 - 123.)

Poikkijuovaisten luurankoli hasten lihassäikeet eli fibrillit koostuvat sadoista yhteen liittyneistä myofibrilleista (kuvio 2). Myofibrillit sisältävät sarkomeereja, jotka ovat lihaksen pienimpiä supistuvia yksiköitä. Sarkomeerit jaetaan vielä loppujen lopuksi aktiini- ja myosiinifilamentteihin. (Whiting & Zernicke 1998, 33 - 34.) Aktiini (ohut filamentti) sekä myosiini (paksu filamentti) ovat proteiineja, jotka ovat yhteydessä toisiinsa poikittaissiltojen avulla. (Whiting & Zernicke 1998, 34 - 35.) Z-linjaksi kutsutaan sarkomeerin päiden syistä rakennetta; M-linja kiinnittää säikeet sarkomeerin keskellä. Nämä linjat yhdistää lihaksen suuri, elastinen proteiini – titiini. Titiini ylläpitää myosiinin ja aktiinin välistä yhteyttä ja estää sarkomeerin liiallisen venymisen. Titiini on tärkein passiivisen jäykkyyden ja lihaksen tonuksen aikaansaaja. (Lundy-Ekman 2007, 190 - 192.)



KUVIO 2. Myofibrillit ja sarkomeerit. (www.besthealth.com)

Tonukseen vaikuttavat tekijät

Lämpötilalla on huomattu olevan selkeä yhteys lihasjäykkyyteen ja hermojen johtumisnopeuteen. Kehon alentunut lämpötila saa aikaan hermojen hidastuneen toiminnan ja kudosten lisääntyneen jäykkyyden, kun taas kehon lämpötilan kohoaminen aiheuttaa päinvastaiset vaikutukset. (Ylinen 2002, 26 - 27.)

Lihastasapaino on merkittävässä asemassa nivelen optimaalisen toiminnan kannalta. Agonisti- ja antagonistilihashen välillä vallitseva lihasepätasapaino saattaa johtua lihasheikkoudesta tai alentuneesta lihasjänteystydestä. Vaihtoehtoisesti lihasepätasapaino voi olla seurausta myös jomman kumman lihasryhmän suuremmasta kasvusta tai liiallisesta lihasjännityksestä. Pitkään jatkunut lihasepätasapaino saattaa aiheuttaa kiputunteuksia lihasjännestysjärjestelmässä ja niveltä ympäröivissä pehmytkudoksissa. *Kivun* aiheuttama motoristen hermojen aktiivisuuden lisääntyminen kasvattaa lihastonusta. Useisiin *tuki- ja liikuntaelimestön ongelmiin* liittyy lihastonuksen kasvaminen ja lihaksen lyhentymisen, mikä saattaa olla seurausta mm. ylikuormittumisesta. (Ylinen 2002, 11.)

Inaktiivisuus vähentää lihastonusta, kun taas runsas aktiivisuus nostaa sitä. Nukkuessamme keskushermoston aktiivisuus laskee ja sen palauttaminen normaalille valvetasolle vaatii aikaa. Tämän takia liikkuminen saattaa herätessä olla usein kömpelöä. Aktiivinen liikkuminen heti heräämisen jälkeen kuitenkin kiihdyttää keskushermoston toimintaa ja parantaa täten liikkeiden hallintaa. (Ylinen 2002, 26 – 27; 33.)

Alamäki, Häkkinen, Mälkiä ja Ylinen (2007, 793 - 802) ovat todenneet, että *isometrisellä lihasjännityksellä* on lihastonusta kasvattava vaikutus. Lisäksi *lihaksen pituuden* lisääntyessä myös lihastonus nousee (Alamäki ym. 2007, 793 – 802). Kasvanut tonus (yhdistettynä lihaskipuun ja heikentyneeseen suoritukseen) vähentää verenvirtausta, sillä verisuonet ovat supistuneempia. Normaalilla korkeampi tonus on myös verrattavissa kipuun, alisuorittamiseen, ylikuormittumiseen ja muihin ilmiöihin. Alentunut tonus saattaa viitata heikompiin lihaksiin ja sitä kautta heikentyneisiin suorituksiin. (Gapeyeva & Vain 2008, 4 - 5.)

Vuonna 2006 Ylinen ja muut tutkivat lihaksen paksuuden vaikutusta lihastonukseen. Tutkimuksessaan he löysivät selvän yhteyden lihastonuksen ja *lihaksen paksuuden* välillä: mitä paksumpi lihas, sitä pidemmän matkan ja suuremman työn anturi tekee painaessaan kudosta. Löydöksillään he siis osoittivat lihastonuksen olevan pienempi paksummissa lihaksissa. (Ylinen ym. 2006, 795.)

Haverinen (2005, 67 - 68) toteaa *ikääntymisellä* olevan selvä vaikutus lihastonukseen. Hänen mukaansa keski-ikäisillä ja ikääntyvillä (mieshenkilöillä) absoluuttinen lihastonus on nuoriin verrattuna suurempi. Suhteellisessa lihastonuksessa ei kuitenkaan ole löydetty eroja, minkä Haverinen perustelee johduvan ikääntymisen myötä tapahtuvasta lihasmassan pienenemisestä.

Epänormaali lihastonus

Alemman motoneuronin toiminnan estyessä, selkäytimestä lähtevän liikehermon vaurioituessa, on seurauksena *lihastonuksen pienentyminen eli hypotonus*. Selkärankaan kohdistunut trauma aiheuttaa välittömästi tapahtuman jälkeen ylempään motoneuroniin vaikuttavan spinaalishokin, joka ilmenee velttohalvauksena ja tuntopuutoksina. Oireet voivat olla tilapäisiä ja muuttua viikkojen kuluessa. (Leppäluoto ym. 2008, 432; Lundy-Ekman 2007, 218.) Hypotoniaa voivat aiheuttaa kehityshäiriöt, jotka yleensä johtuvat hypoksiasta, kallonsisäisestä verenvuodosta tai perinnöllisistä/aineenvaihdunnallisista häiriöistä (Lundy-Ekman 2007, 218 - 219). Myös pikkuaivojen vaurion seurauksena voi aiheutua hypotoniaa, kun lihasspindeleitä aktivoivien motoneuronien toiminta vähenee tai estyy (Ylinen 2002, 39 - 40).

Epätavallinen ja arvaamaton tilanne saattaa nostaa lihastonuksen tasolle, joka haittaa ihmisen normaalia toimintaa. Tällöin toiminnasta tulee jäykkää ja koordinoimatonta. (Hiltunen ym. 2007, 352 - 354.) Enokan (1994, 274) mukaan *kohonnut lihastonus eli hypertonus* saattaa olla seurausta motoneuronien steady state-tilasta, jolloin lihas ei pysty rentoutumaan yrityksistä huolimatta. Kohonneen lihastonuksen kahta yleisintä muotoa kutsutaan spastisiteetiksi ja rigiditeetiksi (Enoka 1994, 274 - 275). Mikäli aivojen tai selkäytimen ylemmät liikehermot vaurioituvat, seurauksena saattaa olla lihasten spastisiteetti. Tällöin tahdonalaisten liikkeiden käyttö on rajoittunut ja raajaa passiivisesti liikuteltaessa havaittavissa on vastusta, joka ilmenee erityisesti liikkeen alussa. (Leppäluoto ym. 2008, 432.) Spastista lihasta venytettäessä venytysrefleksit ovat vilkkaammat verrattuna normaaliin lihakseen. Nopeammin aikaansaadut venytykset myös kasvattavat venytysrefleksien vilkkautta. (Enoka 1994, 275.)

Lihastonuksen kasvu voi ilmetä myös rigiditeettinä, joka tulee esiin agonisti- ja antagonistilihasten epätarkoituksenmukaisena toimintana. Passiivisessa liikkeessä rigiditeetti tuntuu tasaisena vastuksena koko liikkeen ajan. (Leppäluoto ym. 2008, 432.) Rigiditeetin oireena voi ilmetä myös jänneheijasteiden puuttumista. Parkinsonin tautia sairastavilla rigiditeetti on hyvin yleistä. (Enoka 1994, 275.)

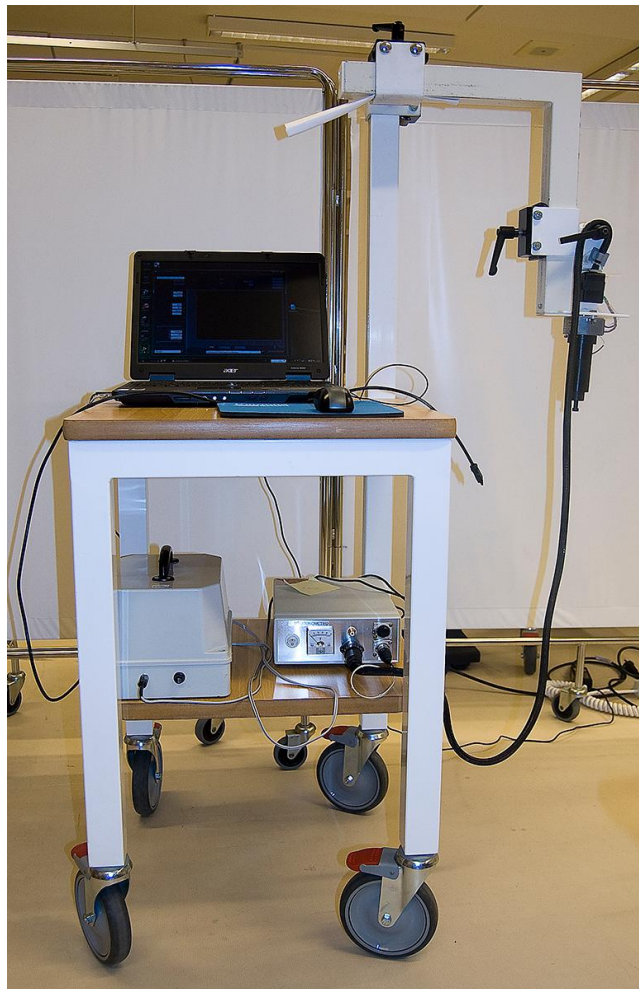
Lihastonuksen mittaaminen

Lihastonuksen tutkimiseen ja mittaamiseen on kehitetty useita erilaisia mittauslaitteita sekä -menetelmiä. Palpointi ja lihaksen passiivinen venytys ovat edelleen yleisimpiä tapoja arvioida kudostilaa ja lihaksen tilaa. Varsinkin passiivinen venytys kertoo lihastonuksesta vain epäsuorasti ja siihen vaikuttaa aina myös nivelen jäykkyys. Lisäksi molemmat näistä tavoista ovat subjektiivisia ja riippuvat suuresti mittaajan kokemuksesta sekä taidoista. Manuaalisilla mittaustavoilla ei pystytä havainnoimaan pieniä tai keskinkertaisia muutoksia lihastonuksessa. (Ylinen ym. 2006, 788.)

Tonuksen luotettavaa sekä toistettavaa mittausmenetelmää tarvitaan ja voidaan hyödyntää muun muassa lääkityksen tai fysioterapian tarkkaa vaikutusta tutkittaessa (Kainulainen & Teittinen 2004, 5-6). Lihaksen ominaisuuksien tutkiminen on tärkeää siksi, että epänormaali biomekaaniset tekijät ovat yleensä yhteydessä lihaksen patologisiin tiloihin (Myoton-laite). Objektiivisten mittaustulosten saamiseksi on kehitetty erilaisia mittausmetodeja, joihin kuuluvat muun muassa EMG, pinta-EMG sekä erilaiset kudostilamittarit (Knutson & Owens 2003, 175).

Computerized Muscle Tonometer (CMT)

Keski-Suomen keskussairaassa on 1990-luvun alkupuolella kehitetty digitaalinen, tietokoneohjattu lihastonusmittari (Computerized Muscle Tonometer, CMT) pehmytkudoksen vastuksen määrittämistä varten (kuvio 3). Tietokoneohjattuna mittari kykenee objektiivisempiin mittaustuloksiin sensitiivisyydellään sekä eliminoimalla samantyyppisten mittareiden ongelmista muun muassa kulmanmuutoksen ja vakauden. (Kainulainen & Teittinen 2004, 25.) Ylisen ja muiden (2006, 787 - 795) tutkimuksen mukaan CMT:llä tehdyt mittaukset ovat toistettavuustasoltaan (ICC työn suhteen 0,94 – 0,98 ja matkan suhteen 0,85 – 0,92) hyvää luokkaa –samoin kuin sen sensitiivisyys. Kliinisessä



tutkimisessa tulee kuitenkin aina mittaustuloksissa huomioida vartalon jatkuva, tahaton, pieni liike, joka on kombinaatio ei-tahdonalaisten lihasten aktiviteetista sekä peruselintoiminnoista (Kainulainen & Teittinen 2004, 25).

CMT-laitteisto koostuu tietokoneesta, muunto- ja ajuriyksiköistä sekä elektronisesta moottorista. Itse mittarin muodostavat mikrometri sekä voimaa mittaava venymäliuska-anturi, jota sähkömoottori liikuttaa. Tietokone taas ohjaa

KUVIO 3. CMT-laite.

anturin liikettä ja nopeutta koko mittauksen ajan. Anturi pystytään upottamaan mitattavaan kudokseen hiukan kerrallaan, mikä mahdollistaa mittausarjojen tekemisen. Anturin pään pinta-ala on 1 cm² ja se toimii jousen avulla. (Kainulainen & Teittinen 2004, 25 - 26.) Anturi muodostuu ulommasta telinee-

seen kiinnitetystä sylinteristä sekä sen sisällä olevasta pienemmästä sylinteristä, jonka moottori työntää ulos mittausta varten (Ylinen ym. 2006, 789).

Anturin (kuvio 4) kulkema matka ja maksimaalinen voima voidaan ohjelmoida ennen mittauksen aloittamista. Anturin matkan arvoksi voidaan säätää 0–50 mm ja vastaavasti voiman 0–50 N. Yleisin käytettävä lopetusvoima-arvo on 20–30 N. Anturin liikenopeus on mahdollista varioida 0–5 mm/s välille. Kliinisessä tutkimuksessa suositeltava anturin nopeuden arvo on 1 mm/s. (Kainulainen & Teittinen 2004, 27.) Jännittyneen lihaksen lihastonusta mitattaessa anturin nopeutena 1 mm/s saattaa olla liian hidas, sillä riittävän korkean lihaskäynnitystason ylläpitäminen mittauksen vaatiman ajan on tällöin vaikeaa. Esimerkiksi Alamäen ja muiden (2007, 795)

lihastonuksen ja isometrisen lihaskäynnityksen korrelaatiota selvittävässä tutkimuksessa anturin nopeudeksi määriteltiin 5 mm/s. Laitteen kehittelyn ja mittaustarkkuuden parantumisen vuoksi myös tällä nopeudella voidaan saada luotettavia tuloksia. Parametrit pystytään säätämään erikseen, vakioimaan tai tallentamaan käytettäväksi useissa eri mittauksissa (Kainulainen & Teittinen 2004, 27).

Mittausvälinettä voidaan liikuttaa ylös, alas, eteen ja taakse sekä kääntää eri kulmiin, mikä on edellytys erimuotoisten kehon pintojen käyttämiseen mittaustarkoituksessa. Laite on mahdollista asentaa seinään tai kiinnittää pöytään,



KUVIO 4. CMT-laitteen mittausanturi.

mutta mittausten luotettavuuden kannalta on olennaisinta, että kiinnitys on riittävän tukeva. Anturin tulee olla sijoitettuna kohtisuoraan mitattavaan pintaan nähden. Mittauskohde ei joudu kosketuksiin mittauslaitteen elektronisiin tai metallisiin, sillä anturin pää on sähköä johtamatonta muovia. (Kainulainen & Teittinen 2004, 26 - 27.) Anturi ei myöskään aiheuta tutkittavalle kipua tai kudosaaurion vaaraa.

Ennen mittausta määritellään myös voiman kynnyсарvo (N) sekä lopetusarvo (N). Mittauksen käynnistämisen jälkeen tietokoneen kontrolloimana anturi painaa kudosta etukäteen määritellyllä vakionopeudella. Voiman kynnyсарvon ylittymisen jälkeen erityisesti tonusmittauksia varten kehitetty tietokoneohjelma tallentaa eri kudossyvyyksiltä tulevaa tietoa kudoksen aiheuttamasta vastusvoimasta sekä anturin liikkumasta matkasta. CMT:n muuntoyksikkö vastaanottaa anturin välittämän tiedon jännitteestä ja siirtää sen tietokoneen analysoitavaksi. (Kainulainen & Teittinen 2004, 25 - 27; Alamäki ym. 2007, 789.) Kun anturi saavuttaa määritetyn lopetusvoima-arvon, anturin sisempi sylinteri vaihtaa suuntaa painuen takaisin suuremman sylinterin sisään. Tietojen kerääminen jatkuu, kunnes anturi on palannut alkutilaansa. Tietokone ohjaa koko prosessin tuottaen reaaliaikaisia tuloksia. CMT ilmoittaa tulokset työnä (J) sekä matkana (mm) luoden niistä voima-aikakäyrän, $W = F \cdot s$, (työ = voima x matka). CMT-laitteen tuloksissa työn (J) ja matkan (mm) kasvaminen ilmaisee tonuksen laskua. (Ylinen ym. 2006, 787 - 796.)

Tutkimuksia

Alamäki ja muut (2007, 793 - 801) ovat tutkineet m. quadricepsin lihastonusta polvinivelen eri nivelkulmilla sekä submaksimaalisilla isometrisillä voimatasoilla käyttäen tonusmittarina tietokoneohjattua versiota (CMT). Tutkimuksen tarkoitus oli arvioida lihastonusta sekä lihaksen sähköistä aktiviteettia levossa ja eri voimatasoilla sekä mitata lihaksen paksuuden ja nivelkulman

muutoksen vaikutuksia lihastonukseen. Tutkimuksen hypoteesiksi oli asetettu tonuksen kasvu isometrisen voiman ja lihaksen pituuden kasvaessa. Samalla haluttiin selvittää pehmytkudoksen määrän vaikutus tonukseen. Tutkimukseen osallistui 18 tervettä henkilöä. Tonusmittaukset suoritettiin istuen levossa jalkana suorana ja polvi 60 asteen kulmassa. Voimatasoista käytettiin 20 %, 40 %, 60 % ja 80 % maksimivoimasta. Ihon, ihonalaisen rasvakudoksen (subcutis) sekä lihaksen paksuus mitattiin ultraäänellä. Lihaksen sähköistä aktiviteettia tutkittiin pinta-EMG:llä. CMT:llä mitattiin m. rectus femoriksen ja m. vastus lateraliksen lihastonus. Tonusmittari pystyi havaitsemaan 20 % muutoksen voimantuotossa sekä 4 % muutoksen tonuksessa. Tonus muuttui selvästi eri voimatasojen välillä kasvaen lihastyönkin kasvaessa. Levossa pehmytkudoksen paksuus selitti suurimman osan tonusvaihteluista. Tonusmittauksissa saadut syvyyden ja työn arvot korreloivat sähköisen aktiviteetin ja lihasvoiman kanssa. Tonusmittausten toistettavuus oli hyvää tasoa. Tutkimuksessa selvisi myös, että lihastonusta arvioitaessa lihaksen pituus ja paksuus sekä lihasaktiviteetti on aina huomioitava.

Ylisen ja muiden (2006, 787 - 795) tutkimuksessa selvitettiin CMT:llä tehtyjen mittausten toistettavuutta sekä lihaspaksuuden vaikutusta lihastonuksen arvioinnissa. Kyseessä oli poikittaistutkimus, johon osallistui 10 tervettä mieshenkilöä. Tutkimuksen tarkoituksena oli arvioida saman henkilön tekemien mittausten toistettavuutta sekä lihaspaksuuden vaikutusta toistettavuuteen ja mittausten herkkyyteen, jonka selvittämiseksi tehtiin mittaukset myös käsikäyttöisellä tonusmittarilla. Lihaspaksuutta mitattiin ultraäänellä. Mittaukset suoritettiin reisilihaksista 10, 15 ja 20 cm patellan yläreunasta proksimaalisesti. CMT:n anturin mittaussnopeudeksi asetettiin 1 mm/s, kynnysvoimaksi 0,3 N ja lopetusvoimaksi 10 N. Mittausten validoimiseksi CMT kalibroitiin standardipainoilla (1, 2 ja 5 kg) ja anturin nopeus varmistettiin sekuntikellon avulla. EMG:llä kontrolloitiin lihasaktiivisuuden tasoa, koska isometrisen lihasjännityksen on todettu nostavan lihastonusta (Arokoski, Surakka, Ojala, Kolari &

Jurvelin 2005, 215 - 218). Toistettavuuden tutkimiseksi mittaus toistettiin samassa pisteessä kaksi kertaa minuutin tauolla. (Ylinen ym. 2006, 790.)

CMT:n toistettavuustutkimus todisti lihaspaksuuden kasvavan reisilihasten osalta proksimaalisesti, kuin myös huomattavasti CMT:n ilmaisema matka sekä työ ja toistettavuuskerroin. Toinen samaan pisteeseen tehty mittaus antoi keskimäärin 4 % suurempia arvoja, mikä johtuu ensimmäisen mittauksen paineen aiheuttamasta kudoksen vastuksen vähenemisestä. Tutkimus osoitti CMT:n toistettavuuden hyväksi ja käsikäyttöistä tonusmittaria laajemman tulosskaalan perusteella myös CMT:n sensitiivisyyden korkeaksi. Tämäkin tutkimus osoitti lihaspaksuuden huomioinnin tärkeyden tonusta arvioitaessa. Lisäksi tutkimuksen mukaan työ (J) on tonusta mitattaessa luotettavampi yksikkö kuin matka (mm), sillä työn arvo perustuu useiden tuhansien mittausten antamiin tuloksiin; matka liittyy vain yksittäiseen saatuun arvoon ja on täten paljon herkempi virheellisille tuloksille. (Ylinen ym. 2006, 787; 794 - 795.)

Ylinen, Kankainen, Kautiainen, Rezasoltani, Kuukkanen ja Häkkinen (2009, 80–84) selvittivät CMT:n avulla venytyksen suoria ja epäsuoria vaikutuksia hamstring-lihaksen lihastonukseen. 12 tutkittavaa pyydettiin venyttämään toisen alaraajan hamstring-lihaksia neljän viikon ajan. Lihastonusmittaukset toteutettiin tutkittavien maassa päinmakuulla. Tonusmittarin kynnysvoimana oli 0,03 N, anturin nopeutena 1 mm/s ja lopetusvoimana 15 N. Venytteen todettiin parantaneen lonkan liikelaajuutta, mutta lihastonukseen sillä ei ollut vaikutusta.

Myoton

Myoton (kuvio 5) on tähän mennessä ainoa käsikäyttöinen laite non-invasiiviseen ja kivuttomaan kudosten biomekaanisten ominaisuuksien mittaamiseen, johon se on todettu myös luotettavaksi välineeksi (Gapeyeva &

Vain 2007, 40; Bizzini & Mannion 2003, 461). Sen avulla voidaan mitata jokaisesta lihasta erikseen, saman lihaksen eri osia sekä jänteitä ja muita pehmytkudoksia. Myoton-laite aiheuttaa lyhyellä, 15 ms kestäväällä mekaanisella pulssilla paikallisen vaikutuksen kudokseen (Gapeyeva & Vain 2007, 40). Pulssin voima on niin pieni, ettei se aiheuta muutoksia kudokseen tai neurologisiin reaktioihin. Kudokseen vastaa mekaaniseen paineeseen nesteen värähtelyllä, jonka Myoton-laitteen mittatikun kärkiosan kiihtyvyydestä rekisteröi. Mikroprosessori tallentaa ja analysoi signaalin sekä ilmoittaa muuttujista tonuksen (frekvenssi, värähtelyn taajuus Hz), elastisuuden (värähtelyn logaritminen vähentyminen) sekä kudoksen jäykkyyden (N/m), jonka jälkeen tulokset voidaan siirtää tietokoneelle. (Myoton-laite.) Myoton-laitteen kompressiovoimaa voidaan nostaa 0,4 Newtoniin asti anturin painaessa noin 20 grammaa (Gapeyeva & Vain 2007, 40).



KUVIO 5. Myoton-laite.

Rentoutuneen lihaksen mekaanisesta jännityksestä kertova lihastonius (frekvenssi) kuvaa Myotonin tuloksissa lihaksen palautumistilaa harjoitteiden tai lihastyön välissä. Lihaksen elastisuus (decrement) kuvaa lihaksen valmiuksia

liikefrekvenssin kasvattamiseen sekä verenkuljetusta ponnistuksen ja lihassupistuksen aikana. Se voidaan myös määritellä lihaksen kyvyksi säilyttää muotonsa. (Myoton-laite; Gapeyeva & Vain 2008, 4-5.) Mitä elastisempi lihas on, sitä nopeammin se palautuu edellisen supistuksen aiheuttamasta jännityksestä tarjoten paremmat olosuhteet verenkuljetukselle ponnistuksen aikana. (Myoton-laite.) Jäykkyys on lihaksen kyky vastustaa lihakseen vaikuttavaa voimaa. Urheilupäilytöksessä ilmiö näkyy antagonistilihaksen vastuksena agonistilihakselle: kun agonistilihas venyttää antagonistilihasta, liikkeen nopeus ja helppous on suoraan verrannollinen antagonistin jäykkyyteen. Mitä jäykempi lihas on, sitä enemmän se vaatii voimaa venyäksään, mikä johtaa epätaloudelliseen suoritukseen. (Gapeyeva & Vain 2008, 4-5; Myoton-laite.)

Tutkimuksia

Gavronski, Veraksits, Vasar ja Maaros (2007, 625 - 637) tutkivat Myotonin avulla viiden juniorithriatlonistin kahdeksan eri lihaksen lihastonusta sekä levossa, että supistuksessa. He totesivat, että supistuvassa lihaksessa elastisuus laskee, kun taas tonus (Hz) sekä jäykkyys (N/m) kasvavat. Nämä muutokset ovat kuitenkin täysin riippuvaisia tarkasteltavasta lihaksesta. Gastrocnemius-lihaksessa muutokset olivat edellä mainittuja.

Vuonna 2005 Gapeyeva ja muut ottivat selvää nuorten ballerinatyttyöjen lihastonuksen, elastisuuden ja jäykkyyden ominaispiirteistä liittyen nilkkavammojen ehkäisyyn. Tutkimukseen osallistui 10 keski-ialtaan 14-vuotiaasta tyttöä, jotka olivat harrastaneet balettia 4–8 vuotta. Heidät jaettiin kahteen ryhmään jalkaterän kipujen ja oireiden perusteella: ryhmällä 1 kipuja ja oireita oli jo aiemmin ilmennyt enemmän. Tutkimuksessa mitattiin m. tibialis anteriorin sekä m. gastrocnemiuksen lepotonusta Myoton-laitteella sekä toisella käsikäyttöisellä lihastonusmittarilla. Ryhmällä 1 löydettiin selvästi kasvanut lihastonus (frekvenssi) ja jäykkyys molempien raajojen mitattavissa lihaksissa ryhmään 2

verrattuna, mikä viittaa kasvaneen tonuksen yhteydestä jalkaterän kiputiloihin ja sitä myötä myös vammautumisriskiin. Täten ajoittaisella lihastonuskar-toituksella voitaisiin mahdollisesti ehkäistä vammojen syntymistä. (Gapeyeva, Karpova, Aidla, Eveline, Kums, Pääsuke & Vain 2005, 555 - 559.)

Gapeyeva sekä Vain (2007, 27 - 42) perehtyivät tutkimuksessaan myometrian mahdollisuuksiin spastiseen hemiplegiaan liittyvää kasvanutta lihastonusta mitattaessa raajoista. He mittasivat tonusta m. extensor digitorum longuksesta, m. gastrocnemiuksesta sekä m. tibialis anteriorista 11-vuotiaalta hemiplegia spasticaa sairastavalta pojalta. Koska spastisuus on hyvin herkkä mittauksen parametreihin vaikuttaville mekaanisille ärsykeille, verrattiin samalla mittausanturin paksuudesta syntyviä eroja halkaisijoiltaan 4, 6 ja 8 millimetrin paksuisilla anturin päillä. Tutkimuksessa luotettavimmaksi todettiin halkaisijaltaan 6 mm anturin pää, sillä sen antamissa tuloksissa mittausten väliset poikkeamat olivat vähäisempiä m. tibialis anteriorissa.

Leonardin, Deshnerin, Romon, Suojan, Fehrerin ja Mikhailenokin (2003, 928 - 932) luotettavuustutkimuksessa arvioitiin käsikäyttöisen, tietokoneohjelmoidun, elektronisen lihastonusmittarin, Myotonometrin intra- sekä intertester-luotettavuutta. Tutkimukseen osallistui 35 tervettä, iältään 22–42-vuotiaasta henkilöä. Mitattavat lihakset olivat m. gastrocnemiuksen lateraalinen osa sekä m. biceps brachii, joiden lihastonusta kaksi mittaajaa testasi sekä levossa, että tahdonalaisessa isometrisessä lihassupistuksessa. Luotettavuuskertoimet (r , intratester 0,84–0,99; intertester 0,75–0,96) olivat korkeimpia, kun anturia painettiin vähintään kohtuullisen kovalla voimalla lihasta vasten. Myotonometrin reliabiliteetin todettiin olevan erittäin korkea arvioitaessa isometrisesti supistunutta lihasta sekä vähintään korkea, kun kyseessä on relaksoitunut lihas.

Leonardin ja muiden (2001, 1416 - 1420) tutkimuksessa selvitettiin käsikäyttöisen lihastonusmittarin validiteettia spastisen tilan yhteydessä. Ryhmä koostui

20 henkilöstä, joista kymmenellä oli ylemmän motoneuronin vaurio. Loput olivat terveitä kontrollihenkilöitä. Koehenkilöiden m. biceps brachiin lihastonius ja lihaksen venytysvastus määritettiin sekä lihastoniusmittarilla, että modifioidulla Ashworthin asteikolla (MAS) lihaksen lepotilassa sekä maksimaalisen isometrisen lihassupistuksen aikana. Mittaustapojen väliset korrelaatiokertoimet vaihtelivat keskinkertaisista korkeisiin (0,64–0,81). Myotonometri tunnisti tehokkaasti spastisten tilojen muutokset.

Hieronta

Hieronalle on olemassa monenlaisia käsitteitä, mutta useimmissa niistä mainitaan pehmeiden kudosten käsittely sekä parantava ja terveyttä edistävä vaikutus. Tarkemmat määritelmät kuvaavat hierontaa hoitotapahtumaksi, joka vaikuttaa paitsi kudoksiin–myös ihmiseen kokonaisvaltaisesti. Hieronnalla on aina oltava selkeä tavoite, jonka mukaan käytettävät menetelmät ja tekniikat valitaan. (Arponen & Airaksinen 2001, 25 - 26.)

Hieronnan vaikutukset

Ihmisen perifeerisissä osissa sijaitsee aistinelimiä, toiselta nimeltään mekanoreseptoreita, jotka reagoivat erilaisiin kehon ulkopuolelta tuleviin ärsykeisiin. Tällaisia ärsykeitä ovat mm. paine ja kosketus sekä lämpötilan ja pituuden muutokset lihaksessa. Hieronnalla voidaan ärsyttää näitä mekanoreseptoreita, jolloin keskushermosto saa ärsytyksestä tiedon nousevia hermoroja pitkin. (Ylinen, Cash & Hämäläinen 1995, 18 - 19.) Ärsytyksen luonteesta riippuen hieronta voi vaikuttaa toimintoihin kiihdyttävästi, jarruttavasti tai estävästi (Airaksinen & Arponen 2001, 77). Progressiivinen fyysinen harjoittelu voi saada aikaan mekanoreseptoreiden sopeutumisen, jolloin

ihminen ei välttämättä tunnista lihasten jäykkyyttä ja siitä aiheutuvaa kipua. Hieronnalla pystytään palauttamaan mekanoreseptoreiden kyky aistia, jolloin ne reagoivat jännitystiloihin paremmin. (Ylinen 1995, 24.) Hieronnan vaikutukset saattavat yltää rentouttavasti myös keskushermostotasolle, jolloin valve- ja vireystila laskevat (Airaksinen & Arponen 2001, 77).

Lihasten ja lihaskalvojen ollessa kireällä lihasten ja ympäröivien kudosten nestekierto vähenee ja ne saavat vähemmän elintärkeitä ravintoaineita. Hieronnan aikana laskimo- ja lymfakierto vilkastuu ja näin ollen valtimoveri pääsee helpommin kudoksiin. Samalla lisääntyneet laskimo- ja lymfanestekierto kuljettavat kudoksissa muodostuneet aineenvaihduntatuotteet pois. (Ylinen 1995, 12 - 13.) Tätä voidaan käyttää hyödyksi mm. raskaasta urheilusuorituksesta palautumiseen, jolloin kevyt hieronta saa aikaan maitohapon nopeamman poistumisen kehosta. Lisäksi entsyymien vapautuminen hieronnan vaikutuksesta saa aikaan perifeeristen verisuonten laajentumisen lisäten pinnallista verenkiertoa. (Airaksinen & Arponen 2001, 75; 78.)

Hieronta synnyttää lämpöä pintakudosten lisäksi myös yhteen hankautuvien syvempien kudosterrosten välille. Kohonnut kudosten lämpötila lisää venyvyyttä ja parantaa aineenvaihduntaa. Tämä johtuu kemiallisesta reaktiosta, jossa solunsisäiset entsyymit, kuten histamiini ja bradykiniini vapautuvat hieronnan vaikutuksesta. (Ylinen 1995, 23.)

Ihmisen kaikissa pehmytkudoksissa esiintyy arpikudosta, joka on seurausta aikaisemmista vammoista tai kudosten yllirasituksesta. Tästä saattaa aiheutua lihasten paikallista jännitystä ja pehmytkudosvenyvyyden heikentymistä sekä liikerajoituksia lihaksissa ja nivelissä. Paikallisesti kohdistetulla hieronnalla voidaan "rikkoa" ja venyttää muodostunutta sidekudosta, jolloin muodostuvasta arvesta tulee elastisempi ja joustavampi. (Airaksinen & Arponen 2001, 79; Ylinen 1995, 31 - 32.)

Hieronnan vaikutuksien vuoksi on olemassa vasta-aiheita eli kontraindikaatioita, jolloin hieronnan suorittaminen ei ole suositeltavaa. Osa vasta-aiheista koskee vain tiettyä aluetta kehosta ja osa kieltää hieronnan kokonaan. Hieronnan kontraindikaatioita ovat muun muassa:

- Akuutti trauma (avohaavat, paleltumat, palovammat, jännteen venähdykset ja katkeamat, lihasrevähdykset)
- Luukalvon tulehdus (periostiitti)
- Aktiivinen nivelreuma ja kihti
- Aktiivinen lihasreuma
- Limapussin tulehdus (bursiitti)
- Lihaksen luutumistulehdus (myositis ossificans)
- Infektiot
- Laskimotukokset ja -sairaudet
- Verenvuototauti
- Keinotekoiset verisuonet
- Ihotaudit
- Syöpä
- Kasvaimet
- Keskushermostoperäiset halvaukset
- Tyrä
- Tuntopuutokset
- Suurentuneet imurauhaset

(Ylinen ym. 1995, 260; Arponen & Airaksinen 2001, 82 - 89)

Tutkimuksia

Myllyntaus ja Rutanen perehtyivät opinnäytetyössään (2006, 26 - 34) hieronnan vaikuttavuuteen reisilihasten lihastonukseen. Tutkimus toteutettiin 20 voimaharjoittelua harrastavalle miehelle, jotka jaettiin arpomalla kahteen ryhmään. Ensimmäinen ryhmä sai neljän viikon ajan hierontaa kaksi kertaa viikossa toisen ryhmän toimiessa kontrolliryhmänä. Hieronnan kesto oli kerrallaan 30 minuuttia ja hierottavina kohteina olivat etu- ja takareiden lihakset. Lihastonuksen muutoksia seurattiin suorasta reisilihaksesta (m. rectus femoris) CMT-laitteen avulla työn (J) ja matkan (mm) toimiessa muuttujina. Neljän viikon jälkeen ryhmien osia vaihdettiin. Molemmille ryhmille tehtiin lihastonusmittaukset alussa, neljän viikon jälkeen sekä lopussa. Tutkimuksessa ei saatu esille merkittäviä muutoksia lihastonuksessa.

Haakana (2008, 24 - 37) testasi tutkimuksessaan yhteensä kymmentä (viittä naista ja viittä miestä) liikuntaa harrastavaa yliopisto-opiskelijaa selvittääkseen hieronnan vaikutuksia rectus femoris-lihaksen lihastonukseen. Koehenkilöiden valintakriteereinä oli aikaisempi kokemus voimaharjoittelusta ja hieronnasta. Osallistujat jaettiin satunnaisesti kahteen ryhmään, jonka jälkeen molemmat ryhmät harjoittelivat 20 minuutin ajan. Ensimmäiset kymmenen minuuttia sisälsi lämmittelyä sekä kyykkyharjoituksia Smith-laitteessa kevyellä vastuksella. Sen jälkeen jokaiselle määriteltiin kyykyn yhden toiston maksimipaino, jonka perusteella määräytyi harjoitteluvastus: 70 prosenttia maksimista. Tällä vastuksella tehtiin kolme väsymykseen johtavaa sarjaa. Ensimmäinen (1.) ryhmä sai hierontaa välittömästi harjoittelun jälkeen, kun taas toinen (2.) ryhmä sai hierontaa vasta päivän kuluttua harjoittelusta. Hieronta kesti yhteensä 20 minuuttia: 10 minuuttia kummallekin alaraajalle ja ainoastaan quadriceps-lihaksia hierottiin. Lihastonusmittaukset suoritettiin molemmille ryhmille ennen ja jälkeen harjoittelun sekä hieronnan ja vielä päivän kuluttua hieronnasta. Lihastonusmittaukset suoritettiin CMT-laitteella, jonka antama muuttuja, työ (J), toimi seurattavana arvona. Tutkimuksessa ei saatu

merkittäviä eroja ryhmien välillä, eikä siis ainakaan tämän tutkimuksen perusteella voida olettaa, että hieronnalla olisi lihastonusta laskevaa vaikutusta.

Hierontaotteet

3 Sively (Effleurage)

Sively koostuu kevyistä hierontaliikkeistä, joidenka tarkoituksena on paitsi levittää hieronta-aine hierottavalle alueelle, myös lämmittää ja rentouttaa lihaksia sekä tunnustella pehmytkudosten yleistä jännitystilaa (Ylinen ym. 1995, 55 - 56). Sivelyotteet voidaan jaotella pinnallisiin ja syviin, pitkiin ja lyhyisiin sekä pitkittäisiin ja poikittaisiin. Suoritustapa valitaan kuitenkin aina hoitokohteesta ja halutusta vaikutuksesta riippuen. Otteet voidaan suorittaa joko koko kädellä vaikutuksen kohdentamiseksi mahdollisimman laajalle alueelle tai esimerkiksi peukalolla, jolloin vaikutus pystytään kohdentamaan pieniin, tarkasti rajattuihin alueisiin kuten lihaksen lähtö- ja kiinnityskohtiin tai tiettyihin lihassyihin. Haluttaessa parantaa nestekiertoa, hieronta suoritetaan laskimo-verenkierron suuntaisesti. Poikittaisella hieronnalla taas pystytään lisäämään kudoksen venyvyyttä ja irrottamaan kudoksiinnitteitä. (Airaksinen & Arponen 2001, 96 - 98.) Hierontaliikkeet ovat pitkäköjiä ja kattavat koko hierottavan kohteen. Kudokseen kohdistuvaa painetta lisätään pikku hiljaa mekanoreseptoreiden totuttamiseksi kontaktin aiheuttamaan ärsytykseen. (Ylinen ym. 1995, 55 - 56.) Ihokontakti säilyy myös koko palautumisliikkeen ajan, kudokseen ei kuitenkaan kohdisteta painetta. Alkusivelyjen lisäksi sivelyä voidaan käyttää muiden otteiden välillä rauhoittamaan kudoksia. Hieronnan lopuksi suoritetaan kevyt sively laajoja otteita käyttäen. Tämän tarkoituksena on rauhoittaa ja antaa miellyttävä olo hieronnan päätteeksi.

4 Hankaus (friction, deep longitudinal stroking)

Hankausotteessa kudokseen kohdistetaan ympyrämäinen liike joko koko kädellä tai sen osalla. Liikkeen aikana ote ei liu’u vaan käsi liikuttaa alla olevaa kudosta saaden aikaan hankauksen ihon alaisten kudosten välille. Tarkoituksena on muodostaa mahdollisimman laaja liike, jotta hankauksen lisäksi saadaan aikaan myös venytysvaikutus. Hankauksen aikana otteen paine vaihtelee rytmisesti, venytyksen ollessa suurimmillaan paineen suuntaan. Paine tulisi kohdistaa vinosti kudokseen nähdessä välttääksemme aiheuttamasta vaurioita kudusrakenteeseen. (Arponen & Airaksinen 2001, 98 - 100.)

Hankaushierontaa on optimaalisinta käyttää jo vähän rentoutuneisiin lihaksiin hieronnan puolivälin paikkeilla. Tällöin mahdollinen arkuus on vähentynyt ja suuremman voiman käyttäminen on mahdollista. Hankausotteen tehokkuus perustuu kaikkiin suuntiin tapahtuvaan liikkeeseen. Sillä voidaan vaikuttaa kudoksen venyvyyteen ja elastisuuteen sekä laukaista lihasspasmeja. Lisäksi hankauksella on kudoksiinnikkeitä ja lihaskovettumia pehmittävä ja irrottava vaikutus. (Mts. 98 - 100.)

5 Pusertelu (petrissage)

Puserteluote on parhaimmillaan pyöreissä ja melko kapeissa lihaksissa, jolloin tukevan otteen saaminen on helpompaa. Vartalon alueella näitä lihaksia on melko vähän, mutta raajoissa sitäkin enemmän. (Arponen & Airaksinen 2001, 101.) Puserteluhieronta suoritetaan tarttumalla rytmikkäästi lihaksen runkosaan vuorotellen molemmilla käsillä. Otteessa nostetaan lihasta ylöspäin lisäten samalla puristusta, jonka jälkeen puristusvoiman annetaan hiljalleen pienentyä. Ennen otteen irtoamista kokonaan, tulee toisella kädellä tarttua lihakseen välittömästi. (Ylinen ym. 1995, 63.) Pusertelu voidaan suorittaa suuriin lihasryhmiin käyttämällä siksak-otetta. Siinä lihasryhmään kohdistetaan vastakkaisiin suuntiin kohdistuva vääntöliike painamalla toisella kädellä lihasmassaa vasten toisella puolella olevaa kättä. Koko lihasryhmä käsitellään

vaihtaen käsien paikkaa vuorotellen puolelta toisella. (Arponen & Airaksinen 2001, 101.) Puserteluhierontaa saa aikaan lihassyiden välille lomittaisen liikkeen, mikä parantaa kudosten elastisuutta ja venyvyyttä. Lisäksi se parantaa kudosten nestekiertoa, rentouttaa ja edistää palautumista. Erittäin jännittyneiden ja kivuliaiden lihasten hoidossa puserteluhieronta ei ole suositeltavaa, koska se saattaa ärsyttää niitä entisestään. (Ylinen ym. 1995, 63.)

6 Taputus (percussion), täristely (vibratio) ja ravistelu (shaking)

Taputukset voidaan suorittaa erilaisilla kämmenotteilla käyttäen sormia, suljettuja nyrkkejä tai kämmenen muodostamaa kuppia. Taputus tapahtuu rytmikkäästi käsien eriaikaisin liikkein. Voimakkuutta lisätään tasaisesti. Taputusotteet lisäävät ihon paikallista verenvirtausta ja ärsyttävät hermopäätteitä, mikä saa aikaan pieniä lihaskontraktioita sekä yleisesti kohonneen lihastonuksen. (Cassar 1999, 25 - 27.) Taputuksilla voidaan myös pyrkiä lisäämään kudoksen elastisuutta ja kykyä kestää kudoksiin kohdistuvia iskuja (Ylinen ym. 1995, 67 - 68).

Täristelyyn käytettävä ote määräytyy sen perusteella, halutaanko käsitellä suurempia alueita samanaikaisesti vai pyritäänkö vaikutus saamaan aikaan akupunktiopisteiden kautta. Ensimmäisessä vaihtoehdossa käytetään koko kämmentä, kun taas jälkimmäisessä käytetään ainoastaan sormenpäitä, jolloin pyritään aikaansaamaan keskushermoston stimulaatiota. Täristystekniikkaa käytetään pääosin hieronnan loppuvaiheilla rentouttamisen edistämiseksi. (Ylinen ym. 1995, 69 - 70.)

Ravistelutekniikkaa käytetään yleensä hieronnan lopuksi, mutta myös voimakkaampien otteiden jälkeen, koska se jättää lihakseen rentoutuneen tunteen (Ylinen ym. 1995, 69; Airaksinen & Arponen 2001, 105). Ravistelussa lihasrunkoon kohdistetaan poikittaissuuntaista liikettä tarttumalla siihen joko

yhdellä tai kahdella kädellä. Ravistelu voidaan tehdä kerralla myös koko ylä- tai alaraajaan. Tällöin ravistelu on voimakkaampaa ja tapahtuu joko ylös–alas- tai sivusuunnassa. Ravistelun avulla hierottavan on helpompi erottaa lihaksen jännitystiloja ja näin vaikuttaa niihin myös tietoisesti. (Ylinen ym. 1995, 69.) Lisäksi ravistelulla on nestekiertoa parantava vaikutus kudoksissa (Airaksinen & Arponen 2001, 105).

Tutkimus

Tutkimuksen tarkoitus

Tutkimuksemme tarkoituksena on toimia esitutkimuksena laajemmalle tutkimukselle, joka selvittää hieronnan vaikutusta pohjelihasten lihastonukseen. Tarpeellisten interventiokertojen määrän selvittämiseksi, tapaustutkimuksesamme keskityimme hieronnan aikaansaamiin muutoksiin lihastonuksessa tutkien muutoksia kahden eri lihastonusmittarin avulla.

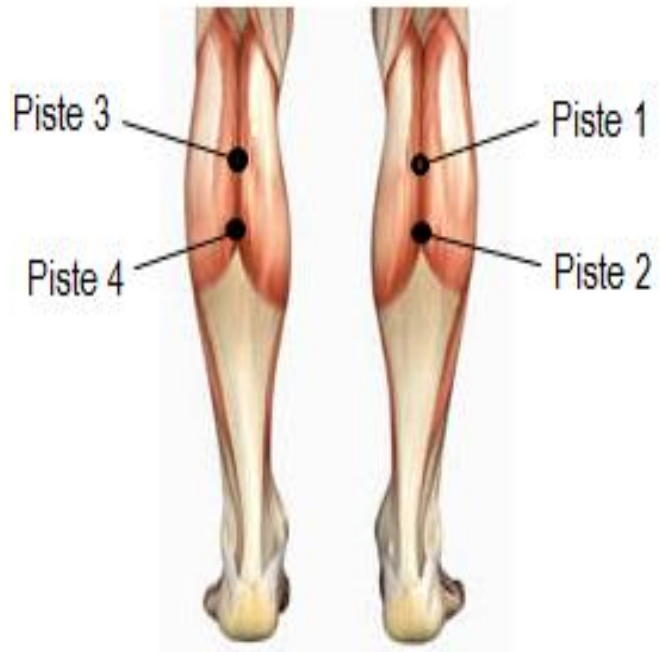
Tällä tutkimuksella pyrittiin selvittämään

1. Pystytäänkö hieronnalla vaikuttamaan lihastonukseen laskevasti?
 - CMT-mittarin muuttujina työ (J) sekä matka (mm)
 - Myoton-mittarin muuttujina frekvenssi (Hz), kudoksen elastisuus sekä jäykkyys (N/m)
2. Kuinka monta hierontaa vaaditaan merkittävien tulosten saamiseksi?

Tutkimusasetelma

Tapaustutkimukssamme seurattiin hieronnan vaikutuksia pohjelihaksen lihastonukseen kolmen (3)

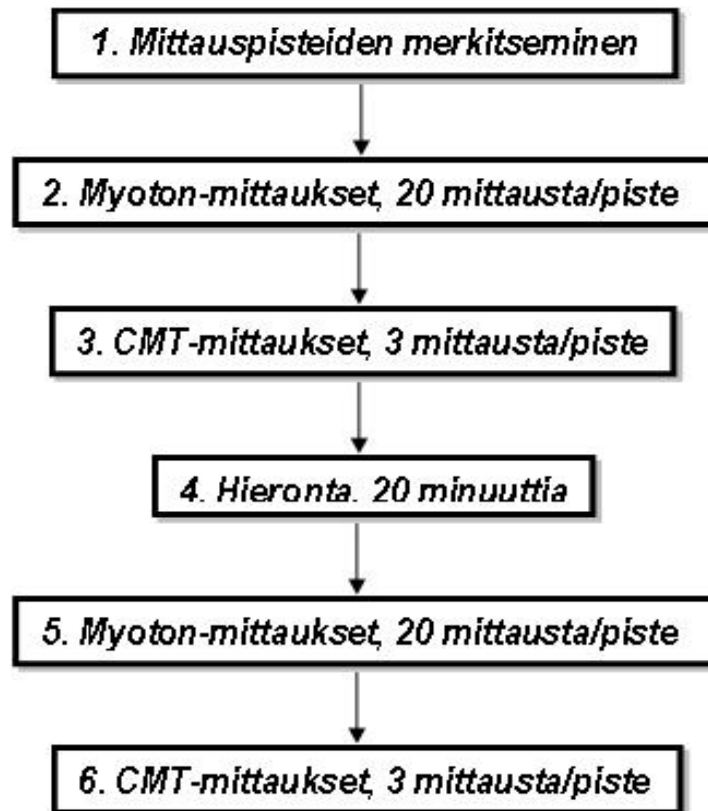
viikon hierontajaksolla (kuvio 8). Tutkittavalle suoritettiin oikean pohkeen hieronta kahdesti viikossa kolmen viikon ajan (yhteensä kuusi kertaa). Hieronta kesti kerrallaan 20 minuuttia eli kokonaishieronta-ajaksi muodostui noin kaksi tuntia. Lihastonusmittaukset Myo-



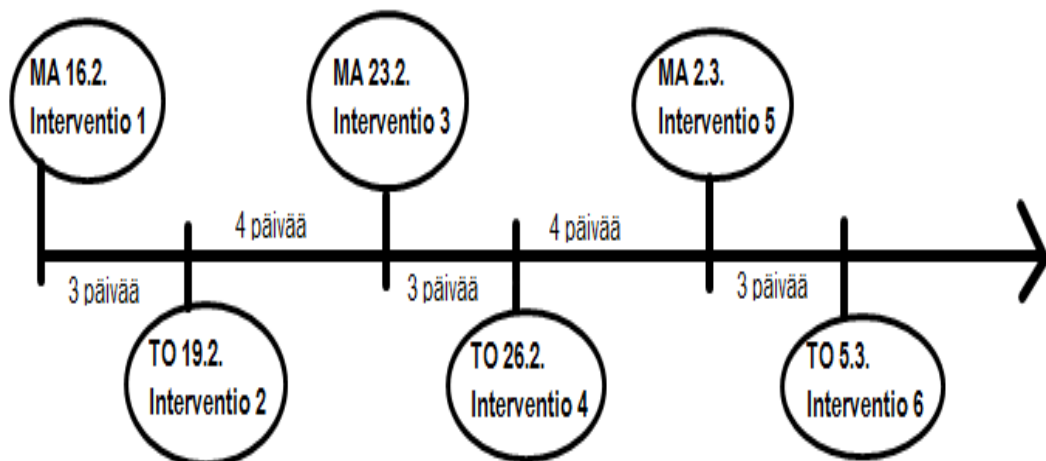
KUVIO 6. Mittauspisteet

ton- ja CMT-mittareilla toteutettiin aina ennen hierontaa ja

välittömästi sen jälkeen (kuvio 7). Mittauskohdat olivat pohkeen paksuimmassa kohdassa gastrocnemius-lihasten välissä (piste 2 oikeassa pohkeessa ja piste 4 vasemmassa pohkeessa) sekä viisi senttimetriä tämän mittauskohdan yläpuolella (piste 1 oikeassa pohkeessa ja piste 3 vasemmassa pohkeessa). Mittaukset suoritettiin jokaiseen pisteeseen ennen ja jälkeen hieronnan. Hieronnat ja mittaukset toteuttivat kaksi Jyväskylän ammattikorkeakoulun fysioterapeuttiopiskelijaa.



KUVIO 7. Interventiokerta.



KUVIO 8. Interventiojakso.

Tutkimuksesta informoitiin koulujen sekä kuntosalien ilmoitustauluilla. Vapaaehtoisista yksi pyydettiin alkukartoitukseen, jossa fysioterapeuttiopiskelijat arvioivat hänen pohjelihastensa kireyttä. Lihakset todettiin riittävän kireiksi tutkimuksen suorittamisen kannalta manuaalisesti palpoimalla. Tärkeimmät valintakriteerit olivat pohjelihasten kireys ja kireydestä johtuvat mahdolliset kivut. Lisäksi laajempaa tutkimusta ajatellen muina kriteereinä olivat miessukupuoli sekä 20–30 vuoden ikä. Perusteena mieshenkilön valinnalle oli suurempi lihasjäykkyyden esiintyminen miessukupuolella mm. triceps surassa (Blackburn, Padua, Weinhold & Guskiewicz 2006, 159 - 164). Tutkittavaksemme valitsimme 27-vuotiaan mieshenkilön, joka täytti kriteerit ja oli halukas osallistumaan tutkimukseen. Hän oli perusterve, pituudeltaan 184 cm ja painoltaan 90 kg. Tutkimushenkilö harrasti aktiivisesti kuntoliikuntaa ja hänen fyysistä aktiivisuuttaan seurattiin koko interventiojakson ajan (liite 3).

Tutkimuksen toteutus

7 Interventio

Tutkittavalle suoritettiin hieronta (20 minuuttia/interventiokerta) toisen jalan pohkeeseen. Hierottava jalka arvottiin ennen ensimmäisiä mittauksia ja se oli sama (oikea) koko interventiojakson ajan. Mittaaja ei tiennyt, kumpi pohje oli hierottu. Tutkittava oli päinmakuulla, nilkkatyyny nilkkojen alla. Hieronta suoritettiin mahdollisimman voimakkaasti–kivun sallimissa rajoissa–klassisen hieronnan ottein: sively, pusertelu, hankaus, taputus ja ravistelu. Hieronta oli joka kerta samanlainen, hierontasuunnitelman (liite 1) mukainen. Hieronnan suoritti tutkimushenkilölle fysioterapeuttiopiskelija Maija Ojanperä ja tonusmittauksista vastasi fysioterapeuttiopiskelija Outi Polso. Hieronnat ja tonusmittaukset suoritettiin Keski-Suomen keskussairaalassa.

8 Mittausmenetelmät

Lihastonusmittaukset suoritettiin ennen hierontaa ja välittömästi hieronnan jälkeen. Tutkittava oli päinmakuulla, jalkaterät hoitopöydän ulkopuolella. Jalakapohjat olivat kiinni seinässä ja jalat yhdessä. Mittauskohdat merkittiin tussilla ihoon ennen mittauksia. Ensimmäisellä hieronta- ja mittauskerralla mitattiin alemman pisteen etäisyys seinästä os. calcaneuksen keskikohdasta. Näin pystyimme vakioimaan mittauskohdan samaksi joka kerralle.

9 Myoton

Mittaukset suoritettiin aina ensin oikeaan pohkeeseen. Lihastonus mitattiin ensin ylemmästä pisteestä. Myoton-laitteella suoritettiin 20 mittausta/piste, jolloin mittauksia tuli yhteensä 80 kappaletta ennen hierontaa ja 80 kappaletta hieronnan jälkeen. Laitteen anturi tuotiin mahdollisimman suorassa kulmassa mitattavaa pistettä kohti ja painettiin kevyesti lihakseen, kunnes anturi värähti. Tämän jälkeen laitetta nostettiin sen verran, että paine hävisi, mutta ihokontakti säilyi. Tämä toistettiin niin monta kertaa, että yhdestä mittauspisteestä saatiin 20 hyväksyttyä tulosta. Hylätyn tuloksen saattoi aiheuttaa esimerkiksi liiallinen tai liian vähäinen paineen määrä, anturin liukuminen iholla, liian nopea liike tai laitteen tärähdys. Laitteen molemmista päistä pidettiin mittausta suorittaessa kiinni liikkeen vakauttamiseksi ja virheellisten tulosten välttämiseksi.

20 hyväksytyn mittaustuloksen jälkeen laite antoi automaattisesti keskiarvotulokset lihastonuksesta (frekvenssi) sekä kudoksen elastisuudesta ja jäykkyydestä (N/m) (Myoton-laite), jotka kirjattiin ylös testauslomakkeeseen (liite 2).

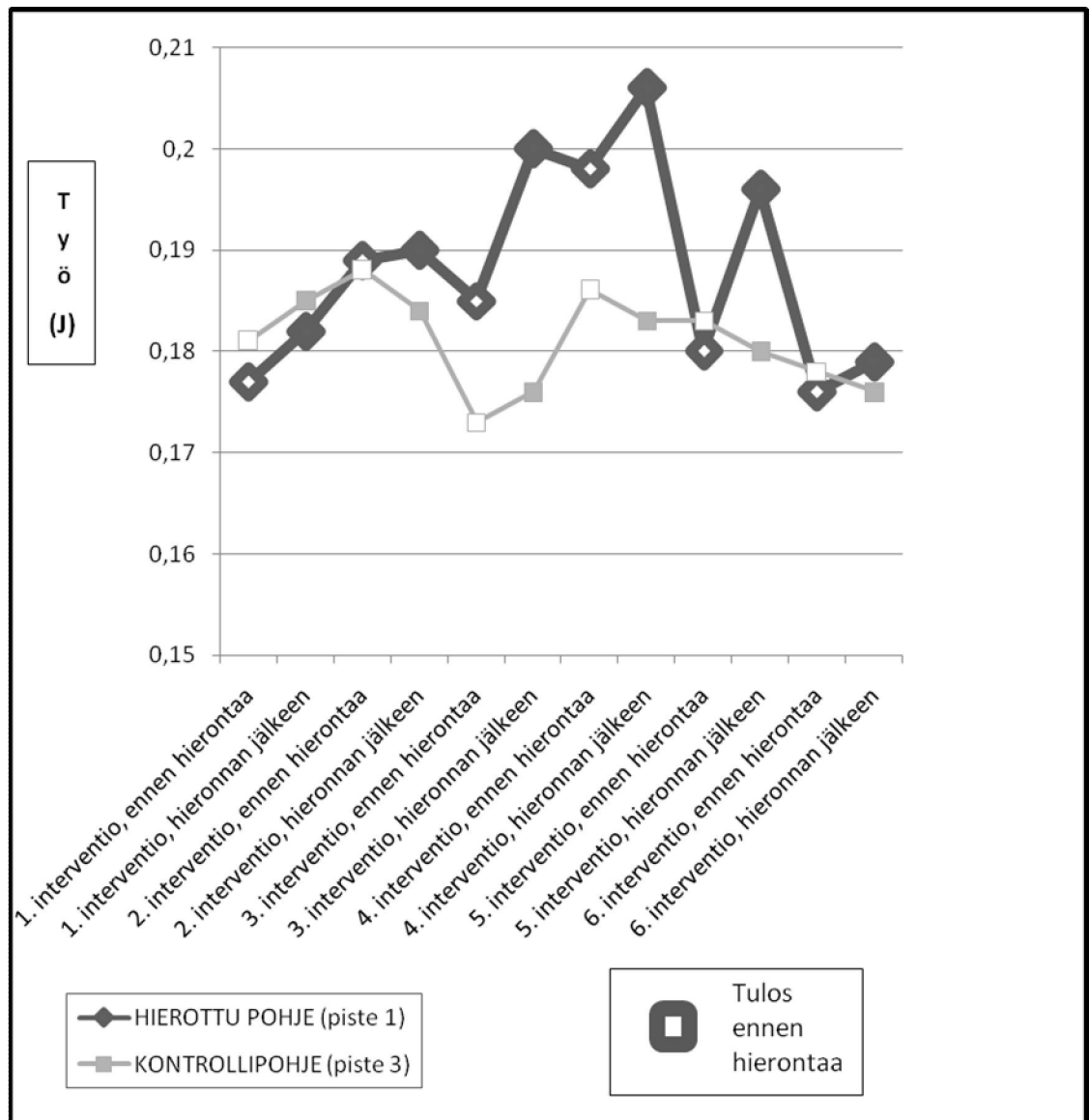
10 CMT

Välittömästi Myoton-mittausten jälkeen toteutettiin lihastonusmittaukset CMT-laitteella. Alkuasento sekä mittauspaikat ja -järjestys olivat samat. Lope-

tusvoimaksi määritettiin 20 N ja lopetusmatkaksi 45 millimetriä. Anturin nopeudeksi määritettiin 5 mm/s. CMT-laitteen mittausanturi asetettiin noin puolen senttimetrin päähän mitattavasta pisteestä. Yhteen pisteeseen suoritettiin kolme mittausta, joista jokaisesta kirjattiin testauslomakkeeseen (liite 2) työ (J) sekä mittausmatka (mm). CMT:n antamia tuloksia vertaillen laskimme kolmen mittaustuloksen keskiarvon. Keskiarvot on pyöristetty kolmen merkitsevän numeron tarkkuudella.

Tulokset

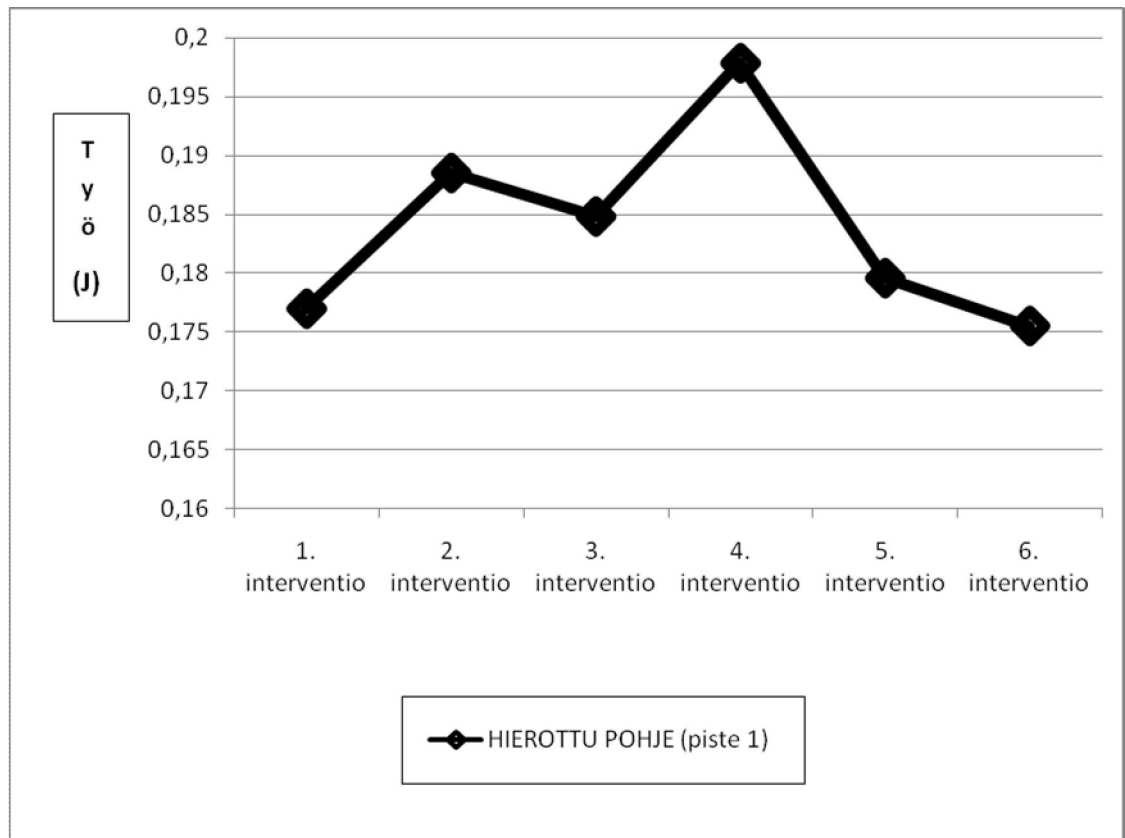
Kuvio 9 selventää lihastonuksen muutoksia molempien pohkeiden proksimaalisemmissa pisteissä (pisteet 1 ja 3) CMT:n työn (J) tulosten kannalta tarkasteltuna. Kuviossa näkyvät kaikki tutkimusjakson aikana tehdyt mittaukset ja se osoittaa, että tutkitun alaraajan tonus (paksu viiva, piste 1) laski jokaisella interventiokerralla hieronnan vaikutuksesta. Alkutonus oli alimmillaan ennen neljättä (4.) hierontakertaa, jonka jälkeen tonus laski entisestään hieronnan vaikutuksesta saavuttaen koko tutkimuksen alimman arvon. Neljännellä (4.) interventiokerralla hieronnan aikaansaama muutos oli kuitenkin pienin. Myotonin antamat tulokset (liite 4) olivat samansuuntaisia. Kontrollipohkeessa (ohut viiva, piste 3) ei ollut tulosten mukaan vastaavaa lihastonusmuutosten johdonmukaisuutta.



KUVIO 9. CMT, työ (J) pisteissä 1 ja 3.

Kuviossa 10 näkyy selvästi tutkitun pohkeen yleinen lihastonuksen lasku (alkutonuksen arvot), joka tutkimuksen loppuun mennessä on kuitenkin palannut takaisin ensimmäisen (1.) interventiokerran tasolle: tonus on jopa hieman noussut. Tämän perusteella meidän tutkimuksessamme neljällä hierontainterventiolla saatiin merkittävimmät tulokset. Kahdella viimeisellä mittauskerralla muutokset olivat huomattavasti vähäisempiä; ensimmäisestä (1.) neljanteen (4.) interventiokertaan lihastonus laski lähes joka kerta edelliseen interventiokerran alkuarvoon verrattuna. Anturin kulkema matka (mm) kasvoi hierotussa pohkeessa kontrollijalkaa enemmän. Myotonin tulosten mukaan (liite 4),

alkulihastonous nousi molemmissa alaraajoissa tutkimuksen aikana, kun vertaillaan frekvenssiarvoja ennen ensimmäistä (1.) ja kuudetta (6.) hierontaa. Merkittävin muutos on hierotun alaraajan pisteessä 2, jossa lihastonous on noussut 23,2 %.



KUVIO 10. CMT, työ (J), alkutonusarvot.

Koska neljännellä hieronta- ja mittauskerralla muutokset olivat selvästi suurimpia ensimmäiseen mittauskertaan verrattuna, tarkastelemme myös ensimmäisen ja neljännen mittauskerran välisiä tuloksia (taulukko 4). Ensimmäisen ja neljännen mittauskerran väliset muutokset hierotussa jalassa ovat CMT:n antamissa tuloksissa työn (J) osalta 14,2 % (pisteessä 1) ja 20,2 % (pisteessä 2). Ensimmäisen ja kuudennen mittauskerran välillä vastaavat prosentit ovat 0 % ja 5,9 % (taulukko 5). Kontrollijalassa lihastonous on noussut hieman ensimmäisen ja viimeisen intervention välillä. Myotonin mukaan vastaavassa tilanteessa pisteessä 1 tonus on selvästi laskenut verrattuna ensimmäisen hie-

ronnan jälkeiseen tonukseen (liite 4). Kontrollipohkeen tonus on noussut molemmilla mittauspisteissä.

TAULUKKO 1. CMT, työ (J). Hieronnan jälkeen.

	HIEROTTU POHJE		KONTROLLIPOHJE	
	Työ, 1	Työ, 2	Työ, 3	Työ, 4
1. interventio	0,18	0,17	0,18	0,16
4. interventio	0,206	0,204	0,183	0,161
Muutos %	14,2 %	20,2 %	1,6 %	0,6 %

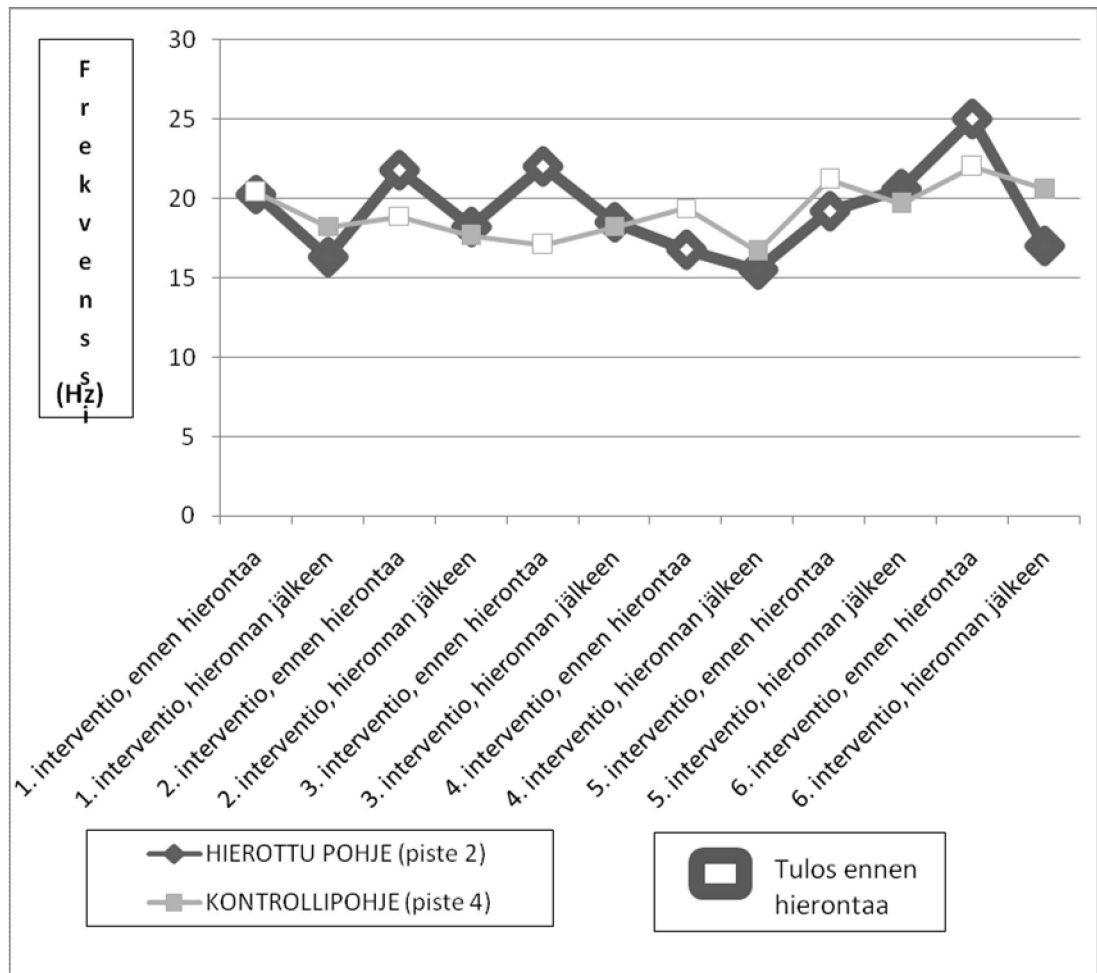
TAULUKKO 2. CMT, työ (J). Hieronnan jälkeen.

HIEROTTU POHJE KONTROLLIPOHJE	
Työ, 1 Työ, 2 Työ, 3 Työ, 4	
1. interventio 0,18 0,17 0,18 0,16	
6. interventio 0,18 0,18 0,18 0,15	
Muutos % 0,0 % 5,9 % 0,0 % -6,3 %	

Ennen kolmatta interventiokertaa tutkittava oli käynyt kahtena päivänä hiihtämässä 10 kilometriä kerrallaan ilmoittamansa fyysisen aktiivisuuden seurannan mukaan (liite 3). Kolmannen interventiokerran alkutoukset eivät olleet poikkeavia, mutta hieronnan aikaansaama tonusmuutos oli suurempi

kuin aiemmin. Kolmannen ja neljännen interventiokerran välillä tutkittava oli taas harrastanut aerobista liikuntaa yhdistettynä lihaskuntoharjoitteluun ja neljännellä interventiokerralla alkutonus oli huomattavan matala. Suurin interventiojakson aikana ilmennyt muutos kahden eri interventiokerran välillä tapahtui neljännessä (4.) viidenteen (5.) kertaan alkutonusen kasvaessa selvästi. Neljännen (4.) interventiokerran jälkeen tutkittava oli liikkunut vain kevyesti ja pitänyt kaksi lepopäivää peräkkäin.

Kun tarkastellaan koko tutkimusjakson aikaisia lihastonusmuutoksia ensimmäisestä (1.) tonusmittaustapahtumasta (ennen hierontaa) viimeiseen (hieronnin jälkeen), Myoton antaa hierotun alaraajan lihastonuksessa noin 15 % pienenemistä vastaavia arvoja (taulukko 3). Kontrollijalan tonuksen Myoton ilmaisee nousseen vähän. Myotonin antamat arvot osoittavat, että alkutonus on noussut kaikissa mittauspisteissä ensimmäisen (1.) ja kuudennen (6.) interventiokerran välillä, pisteessä 2 yli 20 %.



KUVIO 11. Myoton, frekvenssi (Hz) pisteissä 2 ja 4.

CMT:n antamia tulosten vaihteluväliä tarkastellessa voi huomata, että hierotussa alaraajassa tonus on ollut kaiken kaikkiaan matalampi hieromattomaan alaraajaan verrattuna, mutta tonuksen vaihteluväli on ollut suurin piirtein yhtä laaja, kuin hieromattomassa alaraajassa (taulukko 3).

TAULUKKO 3. CMT:n työn (J) tulosten vaihteluväli.

	HIEROTTU POHJE	KONTROLLIPOHJE
Ennen hierontaa	0,1644-0,2002 J	0,1493-0,1967 J
Hieronnan jälkeen	0,1732-0,2255 J	0,1445-0,1907 J

Johtopäätökset ja pohdinta

Kuudella hieronta- ja mittauskerralla ei tässä tapaustutkimuksessa saatu merkittäviä tuloksia aikaan pohjelihasten lihastonuksessa. Tutkimuksen aikana eroja syntyi, mutta kuudenteen (6.) mittauskertaan mennessä ne olivat hävinneet lähes kokonaan. Neljänteen (4.) mittauskertaan asti lihastonus laski koko ajan muutoksien kasvaessa, mutta viidennellä (5.) sekä kuudennella (6.) kerralla tonusmuutokset hieronnan jälkeen olivat miltei olemattomia – verrattuna sekä ensimmäiseen (1.) tutkimuskertaan, että kaikkiin ennen hierontaa tehtyihin mittauksiin.

Samoihin aikoihin kun syksyllä 2008 aloimme luoda mielteitä tulevan opinäytetyön aiheen suuntaan, löysimme opinäytetöiden aihepankista ehdotuksen pohjelihaksen hieronta- ja tonustutkimuksesta. Kiinnostuimme aiheesta välittömästi, sillä toinen meistä on ammatiltaan urheiluhieroja. Aihe myös tarjosi loistavan tilaisuuden tutustua tonusmittausvälineistöön ja saada käsitystä tämäntyyppisten tutkimusten tekemisestä. Laajamittaisemmassa tutkimuksessa oli tarkoitus käyttää kahden eri tonusmittarin lisäksi myös ultraäänilaitetta lihaspaksuuden selvittämiseksi sekä voimalevyanturia pohjelihasten isometrisen voiman mittaamiseksi, sillä Alamäen ja muiden (2007, 793) mukaan tonusta mitattaessa myös lihaksen pituus, paksuus sekä lihasaktiiviteetti on huomioitava.

Ennen joulua aloitimme osallistujien rekrytoimisen tutkimusta varten, mutta pian joulun jälkeen jouduimme harmiksemme toteamaan, etteivät tutkimuksen aika- ja työmäärävaatimukset vastaisi opinäytetyön vastaavia. Kun vielä selvisi, että ennen suurempaa tutkimusta olisi suoritettava pilottitutkimus, päätimme ottaa hoidettavaksemme pelkästään pilottitutkimuksen, ja muokata siitä tapaustutkimuksen opinäytetyötämme varten. Tutkittava löytyi tutki-

mukseen mukaan ilmoittautuneiden joukosta melko helposti. Parempien tulosten saamiseksi olisi ollut kannattavaa läpikäydä useampia ehdokkaita. Interventiot suoritettiin helmi-maaliskuussa 2009 kolmen viikon aikana. Ennen tutkimuksen aloittamista kävimme tutustumassa tiloihin ja laitteisiin Keski-Suomen keskussairaalassa, sekä opettelemassa niiden käyttöä.

Reliabiliteetti, eli tutkimuksen luotettavuus ja tarkkuus on yksi hyvän tutkimuksen perusvaatimuksista. Tutkijan tarkkuus ja kriittisyys koko tutkimuksen ajan edesauttaa luotettavampien tulosten saamista. (Heikkilä 2008, 30.) Tulosten luotettavuuteen vaikuttivat tutkimuksessamme lukemattomat eri tekijät.

Yhtenä olennaisimmista luotettavuustekijöistä meidän tutkimuksessamme oli mittaaja ja hänen kokemuksensa. Käyttämiemme mittareiden luotettavuus on aikaisemmin todistettu hyväksi (Bizzini & Mannion 2003, 461; Ylinen ym. 2006, 787 - 795). Mittaajalla ei ollut laitteiden käytöstä aikaisempaa kokemusta, joten niiden käyttöä olisi pitänyt varmasti harjoitella enemmän ennen tapaututkimuksen alkua. Erityisesti Myotonilla tehtyjen mittausten virhemarginaalit pienenivät selvästi tutkimuksen edetessä, mikä voi vääristää muutamien ensimmäisten mittauskertojen tuloksia. Mielestämme oli perusteltua tehdä mittaukset ensin Myoton-laitteella, sillä sen tuottama ihokontakti oli vähäisempi- ja siten lihastonuksen kannalta mitättömämpi- kuin CMT-laitteella.

Laitteet toimivat lähes moitteettomasti, lukuun ottamatta viimeistä mittauskertaa. CMT-laitteessa oli ennen tutkimustamme ollut toimintaongelmia, ja se saatiin korjattua sekä uudelleenkalibroitua vasta muutama päivä ennen mittaustemme alkua. Viimeisellä (6.) mittauskerralla CMT-mittari lakkasi toimimasta kesken oikean alaraajan alkumittausten. Anturi oli useamman sekunnin painuneena oikeaan pohjelihakseen, joka saattoi vaikuttaa tonusta kasvatta-

vasti. Tapahtuman jälkeen jouduimme vaihtamaan CMT-laitetta, mikä on aina luotettavuusriski. CMT- ja Myoton-laitteet antoivat koko tutkimuksen ajan samansuuntaisia tuloksia.

Hieronnan aikana olisi voinut käyttää VAS-kipujanaa (Visual Analog Scale), jotta hieronta olisi saatu vakioitua subjektiivisesti aina yhtä voimakkaaksi. VAS-kipujan on todettu korreloivan merkittävästi subjektiivisen kivun ja ulkopuolisen henkilön arvion kesken (Zalon 1993, 329 - 334.). Subjektiivinen tunne voi kuitenkin vaihdella päiväkohtaisesti, jolloin hierojan oma tuntemus hieronnan voimakkuudesta verrattuna lihaksen jäykkyyteen on kenties luotettavampi mittari. Luotettavin tapa vakioda hieronnan voimakkuus, olisi ollut mitata esimerkiksi vaa'an avulla hieronnan aiheuttama paine. Lisäksi pohdimme, minkälainen vaikutus pidemmällä hieronnalla olisi ollut lihastonuksen kannalta ja olisiko otteita voinut painottaa eri tavalla? Jäimme myös miettimään, perustuuko hieronnan välitön tonusta laskeva vaikutus hermostollisiin vai mekaanisiin tekijöihin?

Tutkittavalla oli ollut pidempiaikaisia ongelmia pohjelihaksissaan, jonka vuoksi hän tutkimukseen hakeutuikin. Tutkimuksen aikaan pohjelihakset olivat erittäin kireän tuntuiset, mutta eivät kuitenkaan erityisen kivuliaat. Tämä salli kohtalaisen voimakkaankin hieronnan, koska kipu ei ollut sitä rajoittamassa. Jos pohkeissa olisi ollut kipuja, ei hierontaa olisi pystynyt suorittamaan niin intensiivisesti. Toisaalta kevyempikin hieronta akuutin kivun yhteydessä olisi saattanut vaikuttaa lihastonuksen alenemiseen tehokkaammin. Mikäli kyseessä olisi ollut tulehdusperäinen akuutti kipu, hierontaa ei olisi kuitenkaan saanut suorittaa lainkaan (Arponen & Airaksinen 2001, 82). Tästä syystä tutkittava, jonka pohkeissa oli kroonisia vaivoja, oli turvallisempi valinta hierontatutkimukseen.

Interventiot suoritettiin maanantai-iltapäivisin ja torstaiaamuisin. Tuloksista on havaittavissa, että torstain mittauksissa alkutonus oli alhaisempi verrattuna maanantaisin tehtyihin. Tämä voi helposti selittyä lyhyemmällä käsittelyvälillä, jonka vuoksi maanantaina tehty hieronta on vaikuttanut vielä torstaina. Tutkimuksen luotettavuutta ajatellen, hieronta- ja mittauskertojen välinen aika olisi pitänyt aina olla sama. Mietimme myös, millä tavalla tuloksiin olisi vaikuttanut, mikäli olisimme suorittaneet hieronnat vain kerran viikossa, kuten varsinaisessa tutkimuksessa oli alun perin tarkoitus.

Hieronnan välittömiä vaikutuksia pohdittaessa on otettava huomioon hieronnan ja mittausten välinen aika. Tutkimuksessamme tonusmittaukset tehtiin aina ensin hierottuun jalkaan, joten on aiheellista kysyä, millainen vaikutus tuloksiin olisi ollut, mikäli hierotun jalan lihastonus olisi mitattu vasta kontrollijalan lihastonusmittausten jälkeen? Lisäksi mietimme, olisiko hieronnan ja mittausten välistä aikaa pitänyt jollain tavalla seurata, jotta sen olisi pystynyt vakioimaan? Vai olisiko muutaman minuutin eroilla ajassa ollut edes merkitystä?

Tutkittava on harrastanut säännöllisesti liikuntaa, mm. lenkkeilyä, hiihtoa sekä lihaskuntoharjoittelua. Tutkimuksen aikana hän liikkui tavalliseen tapansa (liite 3). Lisäksi liikkumiset paikasta toiseen hän suoritti pääasiassa kävellen hyötyliikuntana. Muutamina interventiojakson alkua edeltävinä päivinä tutkittava oli liikkunut vain kevyesti. Olennaisin huomioitava seikka tutkittavan fyysisen aktiivisuuden ja mittaustulosten välillä sijoittui merkittävimpiä tuloksia antaneisiin kolmanteen (3.) ja neljänteen (4.) interventiokertaan sekä nii-
tä edeltäviin päiviin, jolloin tutkittava oli harrastanut paljon aerobista liikuntaa hiihtäen. Liikunnan määrä oli vähentynyt viidenteen (5.) ja kuudenteen (6.) interventiokertaan mennessä, jolloin alkutonuskin oli kolmatta (3.) ja neljättä (4.) interventiokertaa korkeampi. Kuinka suuri yhteys–erityisesti aerobisella–liikunnalla oli ja on lihastonukseen?

Tutkittava saapui tutkimuksiin kävellen, poikkeuksena viides (5.) hierontaker-
ta, jolloin hän saapui autolla. Tuolloin lihastonus ennen hierontaa oli jonkin
verran korkeampi, kuin aiemmilla hierontakerroilla. Kuudennella (6.) hieron-
takerralla alkutonus oli kaikkein korkeimmillaan. Liikunnassa tai elämänta-
voissa tutkittavalla ei mittausjakson aikana tapahtunut radikaaleja muutoksia,
minkä vuoksi emme ole löytäneet päteviä tekijöitä lihastonuksen muuttumi-
seen takaisin lähtötasolleen.

Hieronnassa tutkittava oli käynyt joitakin kertoja aiemmin, muttei kovinkaan
säännöllisesti. Ennen tutkimuksen aloittamista edellisestä hierontakerrasta oli
kuitenkin jo aikaa: vieras tilanne ja vieraat ihmiset saattoivat vaikuttaa lihas-
tonuksen kasvuun. Tästäkin syystä ennen hierontainterventioiden aloittamis-
ta, olisi ollut syytä mitata pelkkää lihastonusta ilman hierontaa joidenkin
viikkojen ajan, jotta olisi saatu realistisempi kuva tutkittavan normaalista to-
nustasosta. Tutkimuksen aikana tutkittava ei saanut hierontaa muualla.

Mittaustilanteet olivat poikkeuksetta rauhallisia eikä niissä ollut ulkopuolisia
häiriötekijöitä. Jutustelu tutkittavan kanssa mittausten aikana saattoi vaikut-
taa lihastonukseen kokonaisvaltaisesti, vaikka hän vaikuttikin rentoutuneelta.
Vaikka lihastonusta mitattaessa myös lihasjännitys olisi huomioitava (Alamä-
ki ym. 2007, 793), emme kuitenkaan kontrolloineet lihasjännitystä tässä tutki-
muksessa millään tavalla. Esimerkiksi pinta-EMG:n avulla lihasjännityksen
tarkkailu olisi onnistunut mittausten aikana, jolloin pelkän lihasjännityksen
aiheuttamat muutokset tonuksessa olisi huomattu.

Mahdollisia syitä tulosten suunnan yhtäkkiseen muuttumiseen on hankala
löytää. Yksi syy voi olla kudosten adaptoituminen hierontakäsittelylle: kun
lihakselle tehdään täsmälleen samanlainen käsittely lyhyellä aikavälillä useita
kertoja, onko mahdollista, että lihas tottuu käsittelyyn eikä enää reagoi toivo-

tulla tavalla? Tällainen ilmiöhän on havaittavissa esimerkiksi lihasvoimaharjoittelussa; jos kaikki harjoittelun osatekijät (esimerkiksi harjoitteiden järjestys, vastus, intensiteetti, toistojen ja sarjojen määrä sekä palautumisajat) pysyvät muuttumattomina, progressiivisuus ei toteudu ja tällöin kehitystä ei tapahdu (Ratamess, Alvar, Evetoch, Housh, Kibler, Kraemer & Triplett 2009, 687 - 688). Lihasvoimaharjoittelussa hermostollisen vasteen syntyminen vaatii toki huomattavasti pidemmän ajan, kuin hierontatutkimuksemme kesti, mutta voiko mukautumista tapahtua myös hierontakäsittelyssä?

Mittauspisteet merkittiin joka kerta uudestaan tussilla. Luotettavuustekijänä tämä on merkittävä, sillä pisteitä on melkein mahdotonta saada joka kerta tismalleen samaan kohtaan. Usein edellisen mittauskerran jäljiltä merkit olivat vielä nähtävissä, jolloin piste saatiin luotettavammin samaan kohtaan. Ennen tapaustutkimusta suunniteltiin jonkinlaista tatuointimenetelmää mittauspisteiden merkitsemiseksi, mutta luultavasti se olisi otettu käyttöön vasta laajemmassa tutkimuksessa.

Tuloksissa huomioimme muutokset myös kontrollijalan tonuksessa. Tutkimuksen alussa molemmissa pohkeissa tonus oli suurin piirtein yhtä voimakas. Tutkimuksen edetessä vasemman hieromattoman jalan tonus pysyi koko ajan melkein samalla tasolla ennen hierontaa tehdyissä mittauksissa. Hieronnan jälkeen vasemman jalan tonus nousi lähes aina hiukan. Tämä voisi selittyä kipua tuottavan hieronnan aiheuttamalla jännityksellä muualla kehossa. Tonus laski selvemmin hierotun jalan proksimaalisemmassa, ylemmässä mittauspisteessä. Ylinen ja muut (2006, 795) osoittivat tutkimuksessaan, että mitä paksumpi lihas on, sitä pidemmän matkan sekä suuremman työn anturi joutuu tekemään: lihastonus on matalampi paksummissa lihaksissa. Ultraäänen avulla olisi ollut mahdollista selvittää, onko gastrocnemius-lihas proksimaalisesti paksumpi. Lisäksi tonuksen korkeuteen voi osaltaan vaikuttaa distaalisemmassa pisteessä heti gastrocnemiuksen alla sijaitseva soleus-lihas. Tutki-

muksemme kohdistui lähes kokonaan gastrocnemius-lihakseen. Distaalisemalla mittauspisteellä olisimme saaneet tutkittua myös soleus-lihasta.

Projektin edetessä saimme kerättyä arvokasta tietoa ja taitoa tonusmittauslaitteiden käytöstä ja toimintaperiaatteista–tai toimimattomuusperiaatteista. Tutkimusta tehdessä oli pohdittava kaikki mahdolliset mittausten vakioimiseen ja tätä kautta suoraan tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttavat tekijät. Monet näistä tulivatkin mieleen vasta tutkimuksen aikana tai sen jälkeen, etukäteen kaikkea ei ollut mitenkään osattu ottaa huomioon. Tapaustutkimuksen jälkeen monen olennaisen tekijän kanssa huomasimme, että emme olleet osanneet paneutua tarpeeksi hyvin esitutkimuksen vaatimiin seikkoihin, kun päätavoite oli koko ajan ollut laajemmassa tutkimuksessa. Selkeää vahvistusta saimme myös siitä, että ihminen ei toimi koneen tavalla–kaikkia reaktioita tai niiden puuttumista ei pysty välttämättä pohtimisenkaan avulla perustelemaan tai löytämään niille syitä.

Koska lihastonustutkimukset ovat verrattain uusi tutkimuskohde, aineistoa siitä on saatavilla suhteellisen vähän. Tästä syystä koimme haastavaksi löytää ensinnäkin monipuolista materiaalia ja toiseksi uudenlaista näkökulmaa aiheen käsittelyyn.

Koska alun perinkin meidän oli tarkoitus tehdä tämän tapaustutkimuksen pohjalta laajamittaisempi tutkimus hieronnan välittömästä vaikutuksesta pohjelihaksen lihastonukseen, olisi sellainen tutkimus luonnollinen jatke meidän tapaustutkimuksellemme, vaikkemme varsinaisia tuloksia saaneetkaan. Toisaalta kannattaa kuitenkin miettiä, onko suuremmankaan joukon tutkimisesta hyötyä, ennen kuin voidaan osoittaa merkittäviä muutoksia yhdellä henkilöllä? Tapaustutkimuksemme pohjalta meille heräsi muitakin jatkotutkimusaiheita liittyen lihastonukseen sekä hierontaan ja sen vaikutuksiin.

Gapeyeva ja muut (2005, 554 - 559) todistivat jalkaterän kasvaneella lihas-tonuksella olevan suora yhteys nilkkavammojen syntyyn. Tonuskartoituksella olisi mahdollista esimerkiksi ennaltaehkäistä vammojen syntymistä, tunnistamalla riskitekijöitä. Näyttöä on myös lihastonusmittausten herkkyydestä lihaksen spastisuusmuutosten tunnistamisessa (Leonard ym. 2003, 1416). Lihastonusmittauksilla pystyttäisiin täten myös arvioimaan erilaisten spastisuuden hoitomuotojen vaikuttavuutta.

Johtuen melkein jo saavutettujen tonuserojen täydellisestä häviämisestä tutkimuksemme aikana, olisi kudoksen mahdollinen adaptoituminen hieronnalle mielenkiintoinen tutkimuskohde. Perehtyä voisi myös hieronnan aiheuttamiin reagointieroihin erilaisilla ihmisryhmillä tutkittuna lihastonuksen kannalta, jotta hieronta saataisiin hoitomuotona sellaistenkin henkilöiden käyttöön, jotka siitä tosiasiassa eniten hyötyisivät.

Lähteet

Airaksinen, O. & Arponen, R. 2001. Hoitava hieronta. Porvoo: Werner Söderström.

Alamäki, A., Häkkinen, A., Mätkä, E. & Ylinen, J. 2007. Muscle tone in different joint positions and at submaximal isometric torque levels. *Physiological Measurement* 28, 8, 793 - 802.

Arokoski, J., Surakka, J., Ojala, T., Kolari, P. & Jurvelin J. 2005. Feasibility of the use of a novel soft tissue stiffness meter. Viitattu 26.10.2009.
<http://www.rgi.tut.fi/courses/notes/7101200/artikkeli.pdf>.

Bizzini, M. & Mannion, A. F. 2003. Reliability of a new, hand-held device for assessing skeletal muscle stiffness. *Clinical Biomechanics* 18, 459 - 461.

Bjälle, J.K., Haug, E., Sand, O., Sjaastad, Ø. V. & Toverud, K.C. 1999. Ihminen. Fysiologia ja anatomia. Helsinki: Werner Söderström Osakeyhtiö.

Blackburn, J. T., Padua, D. A., Weinhold, P. S. & Guskiewicz, K. M. 2006. Comparison of triceps surae structural stiffness and material modulus across sex. *Clinical Biomechanics* 21, 2, 159 - 167.

Cassar, M-P. 1999. Handbook of massage therapy. A complete guide for the student and professional massage therapist. Iso-Britannia: Butterworth-Heinemann.

Enoka, R. M. 1994. Neuromechanical basis of kinesiology. 2. painos. Yhdysvallat: Human Kinetics.

Gapeyeva, H., Karpova, J., Aidla, M., Eveline, J., Kums, T., Pääsuke, M. & Vain, A. 2005. 3rd World Congress of the International Society of Physical Rehabilitation and Medicine, Characteristics of Muscle Tone, Elasticity and Stiffness of Lower Extremities in Young Female Ballet Dancers in the Context of Ankle Injury Prevention. Italia: Medimond.

Gapeyeva, H. & Vain, A. 2007. 4th World Congress of the International Society of Physical Rehabilitation and Medicine, Assessment of Tone of Superficial Skeletal Muscles in case of Spastic Hemiplegia: Possibilities of Myometry. Italia: Medimond.

- Gapeyeva, H. & Vain, A. 2008. Principles of applying Myoton in physical medicine and rehabilitation. Viitattu 29.10.2009.
http://www.diasu.com/Site%20Eng/bibliografia/Instructions_Rehabilitation.pdf
- Gavronski, G., Veraksits, A., Vasar, E. & Maaros J. 2007. Evaluation in viscoelastic parameters of the skeletal muscles in junior athletes. *Physiological Measurement*, 28, 6, 625 - 637.
- Haakana, P. 2008. The acute effects of massage on muscle tone and perceived recovery. Pro Gradu-työ. Jyväskylän yliopisto, liikuntabiologian laitos, valmennus- ja testausoppi.
- Haverinen, M. 2005. Lihastonuksen yhteys hermolihaskäytännön suorituskykyyn. Pro gradu-työ. Jyväskylän yliopisto, liikuntabiologian laitos, valmennus- ja testausoppi.
- Heikkilä, T. 2008. Tilastollinen tutkimus. 7. uud. painos. Helsinki: Edita.
- Hiltunen, H., Holmberg, P., Jyväsjärvi, E., Kaikkonen, M., Lindblom-Yläne, S., Niensted, W. & Vähälä, K. 2007. Galenos. Ihmiselämästä kohtaa ympäristön. 8. uudistettu painos. Helsinki: WSOY oppimateriaalit.
- Kainulainen, V. & Teittinen, I. 2004. Lihastonusmittari – toistettavuustutkimus. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, sosiaali- ja terveysala, fysioterapian koulutusohjelma.
- Knutson, G. A. & Owens, E. F. 2003. Active and passive characteristics of muscle tone and their relationship model of subluxation/joint dysfunction. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association* 47, 3, 168 - 179.
- Komi, P. 1984. Physiological and Biomechanical Correlates of Muscle Function: Effects of Muscle Structure and Stretch-Shortening Cycle on Force and Speed. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 12, 1, 81 - 122.
- Leonard, C., Deshner, W., Romo, J., Suoja, E., Fehrer, S. & Mikhailenok, E. 2003. Myotonometer intra- and interrater reliabilities. *Arch Phys Med Rehabil* 84, 6, 928 - 932.
- Leonard, C., Stephens, J. & Stroppel, S. 2001. Assessing the spastic condition of individuals with upper motoneuron involvement: validity of the myotonometer. *Arch Phys Med Rehabil* 82, 10, 1416 - 1420.

Leppäluoto, J., Kettunen, R., Lätti, S., Rintamäki, H., Vakkuri, O. & Vierimaa, H. 2007. Anatomia ja fysiologia. Rakenteesta toimintaan. WSOY.

Levangie, P. K. & Norkin C. C. 2005, Joint structure and function. 4. painos. Yhdysvallat: F. A. Davis Company.

Lundy-Ekman, L. 2007. Neuroscience. Fundamentals for rehabilitation. 3. painos. Yhdysvallat: Saunders.

Mittauspisteet, kuva. Viitattu 28.10.2009.

<http://www.myfit.ca/exercisedatabase/viewanexercise.asp?exercise=Standing+Calf+Raises&table=exercises&ID=13>

Moore, K. & Dalley, A. 1999. Clinically oriented anatomy. 4. painos. Kanada: Lippincott Williams & Wilkins.

Myllyntaus, J. & Rutanen, L. 2006. Hierontatutkimus: hieronnan vaikuttavuus lihastonukseen. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, sosiaali- ja terveysala, fysioterapian koulutusohjelma.

Myofibrillit ja sarkomeerit. Viitattu 25.10.2009.

http://www.besthealth.com/besthealth/bodyguide/fertext/html/musc_sys_fin.html.

Myoton-laite. Viitattu 4.9.2009. <http://www.myoton.ee>

Pohjelihakset, kuva. Viitattu 25.10.2009. <http://best-leg-exercises.com/images/calf-muscles1.jpg>

Ratamess, N.A., Alvar, B. A., Evetoch, T. K., Housh, T. J., Kibler, W. B., Kraemer, W. J. & Triplett, N. T. 2009. Progression models in resistance training for healthy adults. Medicine & Science In Sports & Exercise 41, 3, 687 - 708.

Tortora, G. J. & Grabowski, S. R. 2003. Principles of anatomy and physiology. 10. painos. Yhdysvallat: John Wiley & Sons.

Waugh, A. & Grant, A. 2006. Anatomy and physiology in health and illness. Iso-Britannia: Churchill Livingstone.

Whiting, W. & Zernicke, R. 1998. Biomechanics of musculoskeletal injury. 1. painos. Yhdysvallat: Human Kinetics.

Ylinen, J., 2002. Venytystekniikat 1. Loimaa: Medirehabook kustannus.

Ylinen, J., Cash, M. & Hämäläinen, M. 1995. Urheiluhieronta. Muurame: Medirehabook kustannus.

Ylinen, J., Teittinen, I., Kainulainen, V., Kautiainen, H., Vehmaskoski, K. & Häkkinen, A. 2006. Repeatability of a computerized muscle tonometer and the effect of tissue thickness on the estimation of muscle tone. *Physiological Measurement* 27, 8, 787 - 796.

Ylinen, J., Kankainen, T., Kautiainen, H., Rezasoltani, A., Kuukkanen, T. & Häkkinen, A. 2009. Effect of stretching on hamstring muscle compliance. *Journal of Rehabilitation Medicine* 41, 1, 80 - 84.

Zalon, M. L. 1993. Nurses' assessment of postoperative patients' pain. *Pain* 54, 3, 329 - 334.

Liitteet

Liite 1. Hierontasuunnitelma

Hierontaseloste

Hierontatilanteessa tutkittava makaa vatsallaan hierontapöydällä, alaraajat n. 10 cm:n päässä toisistaan. Nilkkojen alla on puolikuun muotoinen tyyny tukemassa. Hieronta suoritetaan klassisen hieronnan otteilla ennalta määrätyn kaavan mukaisesti. Kestoltaan hieronta on 20 minuuttia. Hieronnan intensiteetti pyritään pitämään joka kerralla samanlaisena ja mahdollisimman korkeana vahingoittamatta kuitenkaan kudoksia. Hieronnan aikana koehenkilöltä kysytään subjektiivisia kokemuksia hieronnan aikaansaamista tunteuksista.

Hierontasuunnitelma: pohje, kesto 20 minuuttia

Päinmakuulla, tyyny nilkkojen alla	
Sivelyt	<ol style="list-style-type: none">1) voiteen levitys2) kahdella kädellä pitkittäisesti distaalisesta proksimaaliseen suuntaan, 3 linjaa3) kämmentyvellä pohkeen lateraalinen puoli distaalisesta proksimaaliseen suuntaan + venytys lateraaliseen suuntaan, 5 kertaa4) kämmentyvellä pohkeen mediaalinen puoli distaalisesta proksimaaliseen suuntaan + venytys lateraaliseen suuntaan, 5 kertaa
Hankausotteet	<ol style="list-style-type: none">1 kämmentyvellä pohkeen lateraalinen puoli distaalisesta proksimaaliseen suuntaan, 5 kertaa2 rystysillä pohkeen keski-osa distaalisesta proksimaaliseen

	<p>suuntaan, 5 kertaa</p> <p>3 käämentyvellä pohkeen mediaalinen puoli distaalisesta proksimaaliseen suuntaan, 5 kertaa</p>
Kohdennetut otteet	<ol style="list-style-type: none"> 1. gastrocnemiuksen lateraalinen osa pitkittäisesti, peukalolla distaalisesta proksimaaliseen suuntaan, 4 linjaa 2. gastrocnemiuksen lateraalinen osa poikittaisesti, peukalolla mediaalisesta lateraaliseen suuntaan, 10 kertaa 3. gastrocnemiusten väli pitkittäisesti, rystysillä distaalisesta proksimaaliseen suuntaan, 3 linjaa 4. gastrocnemiuksen mediaalinen osa pitkittäisesti, peukalolla distaalisesta proksimaaliseen suuntaan, 4 linjaa 5. gastrocnemiuksen mediaalinen osa poikittaisesti, peukalolla mediaalisesta lateraaliseen suuntaan, 10 kertaa
Puristelut	<ol style="list-style-type: none"> 1 pohkeen mediaalipuolelta puristusote + venytys alustaa kohti, paperin kanssa, 5 linjaa 2 sik-sak-puristelut, paperin kanssa, 5 kertaa
Ravistelut ja taputukset	
Loppusivelyt	

Liite 2. Testauslomake

Päivämäärä: _____

ENNEN HIERONTAA

Myoton

Oikea, piste 1	F: _____ Hz	±
	D: _____	±
	S: _____ N/m	±
Oikea, piste 2	F: _____ Hz	±
	D: _____	±
	S: _____ N/m	±
Vasen, piste 3	F: _____ Hz	±
	D: _____	±
	S: _____ N/m	±
Vasen, piste 4	F: _____ Hz	±
	D: _____	±
	S: _____ N/m	±

CMT

	Työ	Matka
Oikea, piste 1	1. _____ J	1. _____
	2. _____ J	2. _____
	3. _____ J	3. _____
Oikea, piste 2	1. _____ J	1. _____
	2. _____ J	2. _____
	3. _____ J	3. _____
Vasen, piste 3	1. _____ J	1. _____
	2. _____ J	2. _____
	3. _____ J	3. _____
Vasen, piste 4	1. _____ J	1. _____
	2. _____ J	2. _____
	3. _____ J	3. _____

HIERONNAN JÄLKEEN

Myoton

Oikea, piste 1	F: _____ Hz	±
	D: _____	±
	S: _____ N/m	±
Oikea, piste 2	F: _____ Hz	±
	D: _____	±
	S: _____ N/m	±
Vasen, piste 3	F: _____ Hz	±
	D: _____	±
	S: _____ N/m	±
Vasen, piste 4	F: _____ Hz	±
	D: _____	±
	S: _____ N/m	±

CMT

	Työ	Matka
Oikea, piste 1	1. _____ J	1. _____
	2. _____ J	2. _____
	3. _____ J	3. _____
Oikea, piste 2	1. _____ J	1. _____
	2. _____ J	2. _____
	3. _____ J	3. _____
Vasen, piste 3	1. _____ J	1. _____
	2. _____ J	2. _____
	3. _____ J	3. _____
Vasen, piste 4	1. _____ J	1. _____
	2. _____ J	2. _____
	3. _____ J	3. _____

Liite 3. Tutkimushenkilön fyysinen aktiivisuus interventiojakson aikana

To 12.2.	Lenkki
Pe 13.2.	Yleinen aktiivisuus/kevyt liikunta
La 14.2.	Yleinen aktiivisuus/kevyt liikunta
Su 15.2.	Lepo
Ma 16.2.	Yleinen aktiivisuus/kevyt liikunta (interventiopäivä)
Ti 17.2.	Kuntosali
Ke 18.2.	Yleinen aktiivisuus/kevyt liikunta
To 19.2.	Yleinen aktiivisuus/kevyt liikunta (interventiopäivä)
Pe 20.2.	Kuntosali
La 21.2.	Hiihto, 10 km
Su 22.2.	Hiihto, 10 km
Ma 23.2.	Lepo (interventiopäivä)
Ti 24.2.	Yleinen aktiivisuus/kevyt liikunta
Ke 25.2.	Hiihto, 10 km + punttisali
To 26.2.	Yleinen aktiivisuus/kevyt liikunta (interventiopäivä)
Pe 27.2.	Yleinen aktiivisuus/kevyt liikunta
La 28.2.	Lepo
Su 1.3.	Lepo
Ma 2.3.	Yleinen aktiivisuus/kevyt liikunta (interventiopäivä)
Ti 3.3.	Kuntosali
Ke 4.3.	Yleinen aktiivisuus/kevyt liikunta
To 5.3.	Yleinen aktiivisuus/kevyt liikunta (interventiopäivä)

Liite 4. Kaikki tulokset

CMT	ennen	jälkeen						
	Työ, 1	Matka, 1	Työ, 2	Matka, 2	Työ, 3	Matka, 3	Työ, 4	Matka, 4
16.2.	0,177	24,1	0,166	23,7	0,181	25,4	0,159	22,7
	0,182	24,5	0,181	24,8	0,185	24,8	0,156	22,3
Muutos	0,005	0,4	0,015	1,1	0,004	-0,6	-0,003	-0,4
Muutos %	2,82 %	1,62 %	9,04 %	4,60 %	2,21 %	-2,42 %	-1,89 %	-1,83 %
19.2.	0,189	25,8	0,19	25,9	0,188	25,5	0,16	22,8
	0,19	25,4	0,183	24,6	0,184	26,4	0,156	23,1
Muutos	0,001	-0,4	-0,007	-1,3	-0,004	0,9	-0,004	0,3
Muutos %	0,53 %	-1,39 %	-3,58 %	-5,08 %	-1,90 %	3,33 %	-2,65 %	1,46 %
23.2.	0,185	23,9	0,179	23,9	0,173	23,8	0,151	21,6
	0,2	26,8	0,194	26,2	0,176	24,1	0,148	21,4
Muutos	0,016	2,9	0,015	2,3	0,003	0,3	-0,003	-0,2
Muutos %	8,46 %	12,08 %	8,38 %	9,48 %	1,87 %	1,40 %	-1,73 %	-0,77 %

26.2.		0,198	27,2	0,194	26,6	0,186	27,2	0,163	23,9				
		0,206	28,5	0,204	28,1	0,183	28,0	0,161	24,7				
Muutos		0,008	1,3	0,01	1,6	-0,003	0,8	-0,002	0,7				
Muutos %		3,86 %	4,75 %	5,11 %	5,90 %	-1,51 %	2,92 %	-1,25 %	3,10 %				
2.3.		0,18	23,5	0,173	23,5	0,183	25,4	0,166	23,2				
		0,196	26,1	0,193	26,3	0,18	25,9	0,16	23,3				
Muutos		0,016	2,6	0,02	2,8	-0,003	0,4	-0,005	0,0				
Muutos %		9,00 %	11,01 %	11,64 %	11,83 %	-1,91 %	1,64 %	-3,10 %	0,18 %				
5.3.		0,176	22,7	0,169	22,7	0,178	26,2	0,157	21,9				
		0,179	24,0	0,176	26,0	0,176	24,5	0,146	22,9				
Muutos		0,004	1,3	0,008	3,2	-0,002	-1,7	-0,011	1,0				
Muutos %		2,22 %	5,91 %	4,56 %	14,22 %	-1,05 %	-6,33 %	-7,14 %	4,69 %				
Myoton	ennen	jälkeen											
	F, 1	D, 1	S, 1	F, 2	D, 2	S, 2	F, 3	D, 3	S, 3	F, 4	D, 4	S, 4	
16.2.		20,0	0,88	351	20,3	1,35	340	18,8	1,15	326	20,4	1,51	366
		19,9	1,17	318	16,3	1,96	311	16,6	1,24	277	18,2	1,40	306
Muutos		-0,1	0,29	-33	-4,0	0,61	-29	-2,2	0,09	-49	-2,2	-0,11	-60
Muutos %		-0,5 %	33,0 %	-9,4 %	-19,7 %	45,2 %	-8,5 %	-11,7 %	7,8 %	-15,0 %	-10,8 %	-7,3 %	-16,4 %

19.2.	18,3	1,04	315	21,8	1,72	330	17,8	1,13	294	18,9	1,56	354
	17,4	0,98	302	18,2	1,81	311	16,8	1,19	282	17,7	1,12	345
Muutos	-0,9	-0,06	-13	-3,6	0,09	-19	-1,0	0,06	-12	-1,2	-0,44	-9
Muutos %	-4,9 %	-5,8 %	-4,1 %	-16,5 %	5,2 %	-5,8 %	-5,6 %	5,3 %	-4,1 %	-6,3 %	-28,2 %	-2,5 %
23.2.	20,9	1,19	344	22,0	1,43	342	18,5	1,39	292	17,1	0,91	306
	18,1	0,96	322	18,5	1,22	314	17,2	1,03	285	18,2	1,45	306
Muutos	-2,8	-0,23	-22	-3,5	-0,21	-28	-1,3	-0,36	-7	1,1	0,54	0
Muutos %	-13,4 %	-19,3 %	-6,4 %	-15,9 %	-14,7 %	-8,2 %	-7,0 %	-25,9 %	-2,4 %	6,4 %	0,59	0,0 %
26.2.	16,8	0,98	286	16,8	1,11	292	17,7	1,20	278	19,4	1,15	308
	15,2	0,88	269	15,5	0,90	275	14,9	0,86	249	16,7	1,04	285
Muutos	-1,6	-0,10	-17	-1,3	-0,21	-17	-2,8	-0,36	-29	-2,7	0,11	-23
Muutos %	-9,5 %	-10,2 %	-5,9 %	-7,7 %	-18,9 %	-5,8 %	-15,8 %	-30,0 %	-10,4 %	-13,9 %	9,6 %	-7,5 %
2.3.	18,4	0,75	337	19,2	0,73	336	18,1	0,85	305	21,2	1,14	362
	17,0	0,91	303	20,6	2,04	323	17,5	1,02	281	19,7	1,24	322
Muutos	-1,4	0,16	-34	1,4	1,31	-13	-0,6	0,17	-24	-2,5	0,10	-40
Muutos %	-7,6 %	21,3 %	-10,1 %	7,3 %	179,5 %	-3,9 %	-3,3 %	20,0 %	-7,9 %	-11,8 %	8,8 %	-11,0 %
5.3.	21,1	1,07	382	25,0	1,21	398	20,3	1,12	332	22,0	1,29	384
	17,0	0,84	303	17,0	0,89	302	18,1	0,99	314	20,6	1,43	350
Muutos	-4,1	-0,23	-79	-8,0	-0,32	-96	-2,3	-0,13	-18	-1,4	0,14	-34
Muutos %	-19,4 %	-21,5 %	-20,7 %	-32,0 %	-26,4 %	-24,1 %	-11,3 %	-11,6 %	-5,4 %	-6,4 %	10,9 %	-8,9 %